NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE THÉOLOGIQUE,

OU NOUVELLE

SÉRIE DE DICTIONNAIRES SUR TOUTES LES PARTIES DE LA SCIENCE RELIGIEUSE,

OFFRANT EN FRANÇAIS, ET PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE,

LA PLUS CLAIRE, LA PLUS FACILE, LA PLUS COMMODE, LA PLUS VARIÉE ET LA PLUS COMPLÈTE DES THÉOLOGIES.

CES DICTIONNAIRES SONT CEUX :

DES LIVRES APOCRYPHES, — DES DÉCRETS DES CONGRÉGATIONS ROMAINES, — DE PATROLOGIE, — DE BIOGRAPHIE CHRÉTIENNE ET ANTI-CHRÉTIENNE, — DES CONFRÉRIES, — D'HISTOIRE ECCLÉSIASTIQUE, — DES CROISADES, — DES MISSIONS, — D'ANECDOTES CHRÉTIENNES, — D'ASCÉTISME ET DES INVOCATIONS A LA VIERGE, — DES INDULGENCES, — DES PROPHÉTIES ET DES MIRACLES, — DE STATISTIQUE CHRÉTIENNE, — D'ÉCONOMIE CHARITABLE, — D'ÉDUCATION, — DES PERSÉCUTIONS, — DES ERREURS SOCIALES, — DE PHILOSOPHIE CATHOLIQUE, — DES CONVERSIONS AU CATHOLICISME, — D'ANTIPHILOSOPHISME, — DES APOLOGISTES INVOLONTAIRES, — D'ÉLOQUENCE CHRÉTIENNE, — DE LITTÉRATURE, *id.*, — D'ARCHÉOLOGIE, *id.*, — D'ARCHITECTURE, DE PEINTURE ET DE SCULPTURE, *id.*, — DE NUMISMATIQUE, *id.*, — D'HÉRALDIQUE, *id.*, — DE MUSIQUE, *id.*, — D'ANTROPOLOGIE, *id.*, — DE PALÉONTOLOGIE, *id.*, — D'ÉPIGRAPHIE, *id.*, — DE BOTANIQUE, *id.*, — DE ZOOLOGIE, *id.*, — DES INVENTIONS ET DÉCOUVERTES. — DE MÉDECINE-PRATIQUE, — D'AGRI-SILVI-VITI-ET HORTICULTURE, ETC.

PUBLIÉE

PAR M. L'ABBÉ MIGNE,

ÉDITEUR DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE DU CLERGÉ,

OU

DES COURS COMPLETS SUR CHAQUE BRANCHE DE LA SCIENCE ECCLÉSIASTIQUE.

PRIX : 6 FR. LE VOL., POUR LE SOUSCRIPTEUR A LA COLLECTION ENTIÈRE, 7 FR., 8 FR., ET MÊME 10 FR. POUR LE SOUSCRIPTEUR A TEL OU TEL DICTIONNAIRE PARTICULIER.

TOME TRENTE-SIXIÈME.

DICTIONNAIRE DES INVENTIONS.

2 VOL. PRIX : 14 FRANCS.

—

TOME SECOND.

—

S'IMPRIME ET SE VEND CHEZ J.-P. MIGNE, ÉDITEUR,
AUX ATELIERS CATHOLIQUES, RUE D'AMBOISE, AU PETIT-MONTROUGE,
BARRIÈRE D'ENFER DE PARIS.

—

1853

Imprimerie MIGNE, au Petit-Montrouge.

DICTIONNAIRE
DES INVENTIONS
ET DÉCOUVERTES ANCIENNES ET MODERNES,

DANS LES SCIENCES, LES ARTS ET L'INDUSTRIE,

AVEC LES PRINCIPALES APPLICATIONS AUX BESOINS DE LA SOCIÉTÉ, ET L'EXPOSITION TANT DE LEURS PROCÉDÉS QUE DES PERFECTIONNEMENTS OU ILS SONT PARVENUS A L'ÉPOQUE ACTUELLE;

D'APRÈS LES TRAVAUX PUBLIÉS PAR DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET PAR LES AUTEURS LES PLUS ESTIMÉS DANS CETTE INTÉRESSANTE PARTIE DES CONNAISSANCES HUMAINES;

Recueilli et mis en ordre

PAR M. LE MARQUIS DE JOUFFROY;

PUBLIÉ

PAR M. L'ABBÉ MIGNE,

ÉDITEUR DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE DU CLERGÉ,

OU

DES COURS COMPLETS SUR CHAQUE BRANCHE DE LA SCIENCE ECCLÉSIASTIQUE.

TOME SECOND.

2 VOL. PRIX : 14 FRANCS.

S'IMPRIME ET SE VEND CHEZ J.-P. MIGNE, EDITEUR,
AUX ATELIERS CATHOLIQUES, RUE D'AMBOISE, AU PETIT-MONTROUGE,
BARRIÈRE D'ENFER DE PARIS.

1853

DICTIONNAIRE

DES

INVENTIONS ET DECOUVERTES.

H

HALOS. *Voy.* OPTIQUE.

HARPE. — Instrument de musique monté avec des cordes de boyau que l'on fait résonner en les pinçant, ou plutôt en les accrochant avec le bout du doigt et les lâchant immédiatement.

Nous empruntons l'article que l'on va lire à M. Anders ; l'historique de ce bel instrument, les progrès, les perfectionnements que là, comme dans les pianos (*Voy. ce mot*), ont apportés les Errard, y sont on ne peut mieux exposés.

« L'origine de la harpe se perd dans l'obscurité des temps; mais il est certain que, parmi les instruments à cordes en usage aujourd'hui, c'est un des plus anciens. On la voit figurer sur plusieurs monuments de l'Egypte, qui remontent à une haute antiquité ; et sa construction, de même que ses ornements, prouve qu'elle a dû être inventée longtemps avant l'époque où ces peintures et ces bas-reliefs ont été faits (1). Le corps de l'instrument, sa base et sa partie supérieure ou *console*, ont une grande ressemblance avec ces mêmes parties de nos harpes; mais une singularité s'y fait remarquer, c'est l'absence du montant qui lie la tête à la base. On a peine à comprendre comment un instrument ainsi construit pouvait résister à la traction des cordes et tenir l'accord.

« La harpe a-t-elle été transmise de l'Egypte à la Grèce ? de là a-t-elle passé chez les Romains, pour s'introduire chez les peuples du Nord, où elle était très-répandue plus tard? Ces peuples au contraire l'auraient-ils eux-mêmes inventée et propagée dans leurs invasions en pays étrangers ? Voilà des questions importantes, sans doute, mais qui, pour être traitées à fond, nous entraîneraient hors des limites imposées à cet article. Il suffira de dire que les Grecs n'ont pas de mot particulier pour désigner la harpe, et que cet instrument, tel qu'on le voit chez les Egyptiens, ne se trouve sur aucun des monuments qui nous restent de la Grèce. Chez les Romains, le mot *harpa* ne se rencontre que chez un auteur du VIe siècle, *Venantius Fortunatus* (lib. VII, c. 87), et qui, en nommant cet instrument, l'attribue aux nations barbares.

Romanusque lyra, plaudet tibi Barbarus harpa.

« En effet, chez les peuples septentrionaux la harpe existait à une époque fort reculée : plusieurs auteurs ont avancé qu'elle était indigène de ces pays, assertion plus probable que celle de Papias, qui en attribue l'invention à un ancien peuple d'Italie, nommé *Arpas*, pour expliquer l'étymologie du mot *harpe*. — Quoi qu'il en soit de l'origine douteuse de l'instrument, son usage se répandit peu à peu dans toute l'Europe, et au moyen âge il était devenu général. Depuis le Xe siècle jusqu'au XVe, la harpe fut l'instrument le plus estimé. Les rois, les princes et les personnages les plus distingués se faisaient un honneur d'apprendre à jouer de cet instrument. Les ménestrels, les troubadours en accompagnaient leurs chants ; il était entre les mains des dames, qui le faisaient retentir aux accents de leurs voix. Un grand nombre de passages des poëtes de l'époque indiquée font mention de la harpe, et les miniatures des manuscrits nous en retracent la forme. Elle était de dimension plus petite que les nôtres; le nombre des cordes variait suivant la grandeur de l'instrument. Il paraît qu'au XIIIe siècle les cordes se montaient au nombre de dix-sept, comme on le voit dans une pièce de vers de Guillaume de Mackom ou Mackaut, intitulée *le Dictionnaire de la harpe*, où il compare sa maîtresse à cet instrument, et fait une allusion galante des vertus et des qualités de sa dame aux cordes de la harpe. Le même poëte nous apprend la préférence qu'on donnait à la harpe sur tous les autres instruments, en disant :

Mais la harpe, qui tout instrument passe,
Quand sagement bien enjoue et compasse;

(1) Au musée de Ninive, au Louvre, on retrouve encore la harpe.

A la harpe partout telle renommée
Qu'autre douceur à li n'est comparée.

« L'Irlande, l'Ecosse et le pays de Galles ont toujours joui d'une grande célébrité pour les joueurs de harpe ; l'institution des bardes favorisait beaucoup la culture de cet instrument, en usage dans ces pays d'un temps immémorial. Chez eux aussi la harpe tenait le premier rang; les Irlandais en avaient de quatre espèces de construction et de grandeur différentes. Celle qu'on nomme communément *harpe irlandaise* est le *clarsecte*, qui remonte à une antiquité si reculée qu'on la croit née dans le pays (1). D'autres, au contraire, prétendent qu'elle leur fut apportée, vers le IVe siècle, par les Saxons venus des bords de la Baltique et qui ravagèrent les côtes des Iles Britanniques et de la Gaule. On possède encore aujourd'hui un monument curieux et authentique de sa forme : c'est la harpe d'O'Brien, roi d'Irlande, mort en 1014. Après avior passé par un grand nombre de mains, elle tomba dans celles d'un patriote irlandais, nommé William Conyngham, qui la déposa, en 1782, au musée de la Trinité, à Dublin. Une description en a été donnée par Vallancey dans ses *Collectanea de rebus Hibernicis*.

« La harpe irlandaise, restée dans le même état pendant plusieurs siècles, reçut, au XVe siècle, des améliorations notables d'un jésuite, nommé Nugent, qui résida longtemps en Irlande.

« On sait que la pièce principale dans les armoiries de l'Irlande est une harpe. Ce fut Henri VIII qui, proclamé roi de ce pays, adopta ces armoiries.

« La harpe, telle qu'elle était aux époques que nous venons de voir, pouvait suffire aux besoins de ceux qui s'en servaient. Mais lorsque, dans les siècles suivants, la musique fit d'immenses progrès, cet instrument devenait nul pour l'exécution, et il serait peut-être tombé dans l'oubli s'il n'avait subi une réforme complète. C'est en Allemagne qu'elle entra dans la voie des progrès qu'elle a poursuivie jusqu'à nos jours. En 1720, un harpiste allemand, nommé Hochbrucker, à Donawert, inventa la pédale et donna ainsi à la harpe un avantage dont elle avait complétement manqué jusque-là, nous voulons dire la faculté de pouvoir moduler convenablement. Avant la précieuse invention de cet artiste, la harpe était très-bornée dans ses ressources. Accordée diatoniquement dans le ton du morceau que l'on voulait jouer, elle se refusait aux dièzes et aux bémols, qui ne pouvaient être produits qu'au moyen du pouce, que l'on pressait contre l'extrémité supérieure de la corde pour la raccourcir, au moyen de petits crochets correspondant aux cordes, et que l'on tournait vers celles-ci avec la main, ce qui était fort gênant dans l'exécution d'un morceau. L'invention de Hochbrucker remédia à cet inconvénient. Sa pédale consistait en cinq leviers placés derrière le corps de l'instrument et que l'exécutant comprimait à l'aide de ses pieds. Ces leviers, par un certain mécanisme, faisaient tourner les crochets, dont nous avons parlé, vers les cordes correspondantes. Ce premier essai, bien qu'imparfait encore, était un pas immense vers le perfectionnement de la harpe ; on y apporta ensuite des améliorations, et la harpe ainsi construite prit le nom de *harpe à pédale*, pour se distinguer de la *harpe simple*, ou sans mécanique. En 1730, un artiste de Nuremberg, nommé Vetter, porta le nombre des leviers à sept.

« Cette nouvelle harpe eut du succès en Allemagne. Elle fut introduite en France vers 1740 ; mais les harpistes français, reculant devant la difficulté de l'usage des pédales, continuèrent à se servir de la harpe simple. Ce ne fut que trente ans plus tard que le neveu de Hochbrucker, étant venu pour se fixer à Paris, en 1770, comme maître de harpe, fit valoir l'avantage du nouveau mécanisme, et opéra une réforme complète dans le jeu de cet instrument. Hochbrucker eut de nombreux élèves, et le goût de la harpe s'étant répandu dans toute la capitale, les artistes français se mirent à leur tour à la recherche d'améliorations nouvelles. Cousineau et Naderman surtout y vouèrent des soins particuliers. Ce dernier donna au mécanisme des crochets toute la perfection dont il était susceptible. Mais le système était défectueux : d'abord il avait l'inconvénient de tirer les cordes hors de la position perpendiculaire, lorsque les crochets agissaient sur elles pour les élever d'un demi-ton, ce qui devait être nuisible à l'accord. Puis, comme les crochets n'opéraient que l'élévation d'un demi-ton, la harpe ne pouvait se prêter à toutes les modulations et restait toujours bornée sous ce rapport. Pour arriver à un résultat plus satisfaisant, il fallait abandonner ce mécanisme, et y substituer un autre principe de construction ; c'est ce qu'entreprit Cousineau : il inventa le mécanisme *à béquilles*.

« La harpe de Cousineau, fabriquée en 1782, avait un double rang de pédales. Les deux pédales qui correspondaient à une même corde, étaient posées l'une sur l'autre, et l'on obtenait d'une corde le ton naturel, le bémol et le dièse. Mais ces pédales, outre l'inconvénient d'exiger des forces inégales pour la pression, présentaient un système trop compliqué et devenaient embarrassantes pour l'exécutant. Après trois années de recherches, Cousineau construisit une harpe avec une mécanique plus simple, qui, au moyen de sept pédales, produisait le même effet. Nous ne pouvons entrer ici dans tous les détails de ce mécanisme ; il suffira de dire que ce qu'on appelait *béquilles* était deux chevalets mobiles, dont les montants se présentaient dans la situation verticale, l'un tourné vers le haut, l'autre vers le bas, lorsque la pédale était levée, et dont les traverses, qui devaient appuyer sur la corde par le mouvement de la pédale, étaient à angle droit à la fois, par rapport à la console et

(1) Les druides *dravidas*, ne l'auraient-ils pas apportée de l'Inde ?

par rapport à leurs montants. Quand on baissait la pédale, on faisait faire à chaque béquille environ un quart de tour; alors les traverses rencontraient toutes deux la corde et la pressaient, l'une par-dessus, l'autre par-dessous, d'avant en arrière, sans l'écarter sensiblement de la verticale.

« On conçoit que la harpe ainsi construite devait avoir des avantages sur la harpe à crochets. Malheureusement elle avait le défaut de manquer de solidité. Cousineau tenta plus tard d'autres essais; il adopta l'idée singulière d'un amateur, M. Ruelle, qui avait imaginé d'opérer le changement de notes par des chevilles mobiles, dont le mouvement se réglait par le jeu des pédales. Cette harpe à *chevilles mécaniques tournantes* figura à l'exposition de 1806, où Cousineau obtint la médaille d'argent. Elle fut encore exposée en 1819; mais, bien que la même récompense fût décernée à l'auteur, l'instrument trouva peu de partisans.

« Tandis qu'en France on s'occupait à perfectionner le mécanisme des pédales, on essayait en Allemagne de construire des harpes qui pussent s'en passer entièrement, sans le céder en rien aux autres pour les ressources des modulations. Déjà en 1787, un luthier de Berlin, nommé Bothe, inventa une *harpe chromatique;* elle était de plus grande dimension que les harpes ordinaires, et les cordes procédaient par demi-ton comme dans le piano, se distinguant par la couleur comme les touches du clavier. La multiplicité des cordes, d'ailleurs trop serrées, et la nécessité d'adopter un autre doigté, empêchèrent le succès de cette invention. Elle fut reproduite, en 1804, par un docteur allemand, nommé Pfranger, qui ne fut pas plus heureux. La harpe à pédale conserva la préférence, et c'est vers elle que se tournaient les nouvelles tentatives de perfectionnement. Toutes furent éclipsées par l'invention d'un homme dont le génie brille d'un vif éclat dans l'histoire des instruments.

« Sébastien Errard s'était depuis longtemps occupé de la harpe. En 1787, il avait déjà substitué au mécanisme défectueux des crochets, celui que l'on appelle mécanisme à *fourchettes*, fonctionnant au moyen d'un disque armé de deux boutons qui, par un mouvement de rotation, saisit la corde dans la position naturelle et la raccourcit de la quantité nécessaire pour l'élever d'un demi-ton. Mais ce ne fut qu'en 1794 que sa première harpe ainsi construite parut à Londres, où il avait établi une maison. En 1798, il l'introduisit en France et y obtint un brevet de quinze ans. Après l'expiration de ce brevet, le mécanisme à fourchettes fut imité par tous les facteurs de harpes, dont plusieurs l'avaient combattu dans l'origine. Errard augmenta le mérite de ses harpes, en perfectionnant la courbe de la console de manière à donner une meilleure proportion au diapason, et il améliora une foule de détails que nous passerons ici sous silence. Tous ces travaux ne furent que l'avant-coureur de la harpe *à double mouvement*, découverte ingénieuse qui fit arriver l'instrument à sa perfection.

« Dans cette harpe, chaque pédale fait une double fonction pour élever à volonté chaque corde d'un demi-ton ou d'un ton. Il y a deux fourchettes semblables à celles qu'Errard avait employées dans ses harpes précédentes. Au premier mouvement de la pédale, la première fourchette saisit la corde et l'élève d'un *demi-ton;* au second mouvement, la seconde fourchette agit et porte l'élévation à un *ton*. Le relâchement de la corde peut s'opérer successivement, ou d'un seul coup.

« La première harpe de ce genre fut vendue à Londres en 1811; elle eut un succès prodigieux. Importée en France par l'inventeur, elle y obtint le même accueil. En 1815, elle fut soumise à l'examen de l'Académie des sciences et de l'Académie des beaux-arts réunies, qui firent sur elle un rapport très-étendu.

« Après la mort de Sébastien Errard, en 1831, Pierre Errard a continué à fabriquer des harpes sur le même principe : il y a apporté plusieurs perfectionnements.

« La harpe se trouve aujourd'hui dans un état de perfection qu'il serait difficile de dépasser. Cependant les amateurs de ce bel instrument diminuent sensiblement, et il semble être menacé d'un abandon complet. Avant que le piano (*Voy. ce mot*) fût porté au degré de perfection qu'il a atteint de nos jours, la harpe luttait avantageusement contre un rival qu'elle surpassait pour la richesse de la sonorité; mais peu à peu le piano a envahi le terrain et a fini par occuper presque seul la place que la harpe devrait partager avec lui; car la harpe, qui, par ses nuances insensibles, peut passer du son le plus éclatant au plus léger murmure, produit des effets magiques que les touches du piano ne sauraient rendre; et, si jamais elle devait disparaître du nombre de nos instruments, il y aurait une lacune que rien ne pourrait remplir. Chose étrange! un instrument qui, dans un état déplorable d'imperfection, a joui de la vogue, tomberait en désuétude au moment même où son mécanisme, rendu le plus parfait possible, ne laisse rien à désirer! Espérons que cet abandon est passager, et que la harpe, remise en faveur, reprendra le rang qu'elle est appelée à occuper dans nos concerts. »

HARPE EOLIENNE, ou HARPE D'EOLE. — On donne ce nom à un instrument ou plutôt appareil musical destiné à produire des sons harmonieux, sans le concours d'un artiste, par la seule action du vent. — C'est Eole qui est le virtuose : de là l'épithète jointe au nom de l'instrument dont la forme, du reste, ne ressemble nullement à celle de la harpe. C'est tout simplement une boîte de bois de sapin, longue d'environ trois pieds, large et haute de six à huit pouces, munie, dans la partie inférieure, d'une table d'harmonie, sur laquelle passent huit ou dix cordes de boyau fixées aux extrémités de la boîte et reposant sur deux chevalets. Après avoir

accordé toutes les cordes à l'unisson, on fixe l'instrument contre une fenêtre entr'ouverte ou ailleurs, de manière qu'un courant d'air assez intense vienne frapper les cordes. Alors se produit un phénomène des plus curieux. D'abord, les cordes commencent à résonner à l'unisson ; mais à mesure que le vent augmente, elles font entendre un charmant mélange de tous les sons de la gamme diatonique, ascendants et descendants, de même que les accords harmonieux, et des *crescendo* et *decrescendo* inimitables.

L'invention de la harpe éolienne a été attribuée au P. Kircher, qui en traite dans sa *Phonurgia*. Mais, longtemps avant ce savant jésuite, on avait remarqué l'effet du vent sur les cordes sonores. Sans parler des talmudistes, qui prétendent que la harpe de David, frappée à minuit par le vent du nord, résonna d'elle-même, on peut citer Eustathe, qui, dans son commentaire sur Homère, fait mention du phénomène dont il s'agit. C'est en lisant ce passage que le poëte anglais Pope fit revivre l'idée de Kircher, depuis longtemps tombée dans l'oubli. Il la communiqua à un musicien nommé Oswald : celui-ci, après beaucoup d'essais infructueux, la réalisa avec bonheur. On apporta ensuite quelques modifications à l'instrument, et Koch, auteur d'un dictionnaire allemand de musique, imagina une harpe éolienne double, dont il donna la description dans cet ouvrage.

Nous devons ajouter que la harpe éolienne a fourni à l'acoustique des expériences curieuses et importantes sur les vibrations des cordes. On a vu avec étonnement qu'une même corde rend non-seulement plusieurs sons successivement, mais qu'elle produit à elle seule des accords composés ordinairement de la tierce majeure, de la quinte juste et de l'octave, auxquelles vient se joindre quelquefois la septième mineure. C'est pour cette raison que toutes les cordes doivent être accordées à l'unisson, parce que sans cela le mélange des accords de chaque corde produirait des dissonnances et une confusion très-désagréables.

L'idée toute naturelle d'appliquer le principe de la harpe éolienne à de nouveaux instruments et d'en construire où le vent ferait résonner des cordes au gré d'un artiste, est venue à plusieurs facteurs. L'essai le plus remarquable de ce genre fut celui de J.-J. Schnell, qui fabriqua, en 1789, un grand piano dans lequel les cordes étaient mises en vibration au moyen d'un soufflet artificiel. Cet instrument, qu'il nomma *anémocorde* (ἄνεμος, le vent), eut du succès pendant plusieurs années, mais on ignore ce qu'il est devenu. Tout récemment, un luthier de Paris, M. Isoard, s'est livré à des recherches analogues sur lesquelles il présenta, en 1836, un mémoire à l'Académie, annonçant en même temps la construction d'un *violon éolique*, c'est-à-dire dans lequel l'action de l'archet serait remplacée par celle du vent. Ce violon n'a pas encore été achevé; mais, en attendant, M. Isoard nous a donné un autre instrument basé sur le même principe, qu'il appelle *éolicorde*. On en a même publié une méthode qui, du reste, ne semble pas avoir servi à répandre cette nouveauté (1).

HÉLICE. — (PROPULSEUR A. — *Voy.* PYROSCAPHIE.) Appareil destiné et employé à remplacer les roues dans la navigation à vapeur.

L'hélice, dépouillée de tout attirail scientifique, n'est en réalité que la vis ordinaire, celle que nous voyons employer chaque jour, qui attire ou repousse sous nos yeux l'écrou selon le sens de rotation qu'on lui donne : tout comme cette tige de fer ou d'acier sur laquelle la coutellerie a ménagé et tourné une lame de même métal en forme de spirale, et que l'on nomme tire-bouchon; car c'est encore la même chose. De telle sorte que l'eau dans laquelle une machine à vapeur fait tourner ce tire-bouchon ou cette vis de grande dimension, avec une excessive rapidité, 4 *révolutions par seconde* : — *soit* 240 *par minute;* l'eau, dis-je, remplace le bouchon ou l'écrou dont nous venons de parler.

On me pardonnera cette comparaison familière; je l'ai crue nécessaire pour bien faire comprendre à ceux de nos lecteurs qui n'auraient point vu d'hélice ce que peut valoir cet appareil mû dans un fluide et destiné à mettre en mouvement, en lui procurant une grande vitesse, une masse telle qu'un grand vaisseau, dont le poids, lorsqu'il prend la mer, s'évalue à plus de quatre millions de kilogrammes.

Le *Journal des Débats* du 15 août 1843 n'a pas craint d'annoncer en termes pompeux le succès de cette imparfaite application :

« Il restait, dit-il, à résoudre le dernier point du problème, par l'emploi d'un appareil qui permît au navire de porter une voilure considérable qui ne le laissât jamais abandonné sur les flots à la merci d'une machine détraquée. La question est résolue par la substitution aux roues à aubes, de l'hélice dite improprement vis d'Archimède. »

Cette grande question que l'on dit résolue ne l'est en réalité que dans l'imagination du rédacteur.

Montrons d'abord que l'application de la vis comme moyen de propulsion n'a rien de nouveau. Quelques preuves que nous allons fournir à cet égard suffiront pour l'établir jusqu'à l'évidence, et probablement des recherches plus étendues pourraient multiplier ces preuves.

Système Duquet. — Vers 1731, la vis fut essayée à Marseille par Duquet, qui ne l'avait pas plus inventée que les Tartares, pour faire remonter les bateaux contre les courants. Voici l'explication de ce système :

Un double bateau est amarré à un pieu solidement enfoncé. Il est muni d'une vis portant sur les paliers, et sur l'axe de laquelle est fixée une poulie à gorge. Cette poulie communique à d'autres poulies autour desquelles passe le cordage de touée. Un bateau contre-poids (qui n'est pas indi-

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde.*

qué) est près du double bateau lorsque le chaland qu'on doit hâler est à l'extrémité inférieure du courant. Le courant agissant sur la vis la fait tourner et lui fait mettre en mouvement les poulies qui font descendre le contre-poids et remonter le chaland.

Essais divers. — En 1768, Pauton proposa, pour remplacer les rames ou avirons, d'appliquer deux vis qu'il appelle stérophores, placées horizontalement et parallèlement à la longueur du bâtiment, une de chaque côté à l'arrière, immergées entièrement ou seulement jusqu'à l'axe. Mais cet ingénieur n'indique pas le moyen qu'il voulait employer pour mettre son appareil en mouvement. Il appelait stérophore une révolution des filets d'une vis autour d'un cylindre.

En 1795, une expérience faite sur une grande échelle à Groenland-Dock, par Littleton, ne produisit rien de satisfaisant. Celui-ci avait établi à l'arrière d'un bateau-pilote de *Virginie*, un châssis contenant une grande spirale ou hélice en cuivre, qui recevait un mouvement de rotation au moyen d'une manivelle tournée par plusieurs hommes.

De 1798 à 1800, Liwington a réitéré des essais à l'infini sur l'hélice, sans aucun succès (Tridigold).

En 1800, John Shorter appliqua l'hélice au vaisseau de transport le *Duncaster*, de la marine royale, pour essayer de faire manœuvrer les bâtiments de guerre pendant le calme. Les expériences furent faites à Gibraltar. La vis était mise en mouvement au moyen de huit hommes au cabestan, et procurait au navire une vitesse d'un demi-mille à l'heure. Dans d'autres essais on parvint à un sillage de 1 nœud 1/2 et même à une vitesse suffisante pour gouverner. Ces faits sont attestés par sir Richard Bickerton, amiral, et MM. R. Keatz et S. Aylmen, capitaines, sans toutefois qu'ils aient indiqué la nature et l'intensité de la force employée pour obtenir les résultats des deux dernières expériences.

M. Napier, qui avait fait, plusieurs années après cette époque, quelques expériences avec une vis dont il pensait avoir eu la première idée, en fit part à diverses personnes, et eut ainsi connaissance des essais précédemment tentés par M. Shorter. Ayant appris que celui-ci habitait South-Worck, il se rendit chez lui, et il vit une collection nombreuse de vis de propulsion établies dans le massif arrière, dans les façons, sur l'avant, sur les côtés, en un mot dans toutes les positions possibles. Les formes des vis étaient également variées : elles se composaient soit d'un seul filet continu, soit de deux, trois ou quatre filets, soit d'ailes semblables à celles des moulins à vent, soit de deux et d'un simple bras. M. Napier suppose qu'il a vu tous les systèmes possibles, et que ces modèles comprenaient la plupart des modifications actuellement présentées au public. M. Shorter rendit M. Napier témoin de plusieurs expériences qu'il fit dans un réservoir établi à cet effet dans son atelier, et il en ressortit que le meilleur système semblait consister en une simple lame ou bras partant de l'axe ; et il paraît que c'est celui qui avait été adapté au bâtiment le *Ducaster*.

Depuis cette époque, beaucoup de personnes en Amérique comme en Angleterre ont essayé, mais en vain, de rendre définitive l'application de la vis à la navigation par la vapeur ; maints ingénieurs américains ont encore tenté vainement, de 1803 à 1815, l'emploi des hélices, sous diverses formes, à la navigation en eau morte. Fulton aussi l'essaya à Rouen en 1802, pour mettre en mouvement son bateau sous-marin, qu'il appelait *Torpédo*, et fut forcé d'y renoncer.

Une vis ressemblant à la vis hydraulique, agissant dans un cylindre entièrement immergé, fut proposée par Scott-Dormiston.

Deux vis fonctionnant en sens opposé furent pareillement essayées par M. Whytock et sont citées par le colonel Beauffoy, qui prétend que cette invention a été importée de la Chine. (*Journal philosophique.*)

M. Macestier, un de nos ingénieurs de marine les plus distingués, a décrit et fait graver, dans son voyage sur l'Amérique, qui a paru en 1821, trois systèmes différents d'hélices, sans pourtant attacher à cet appareil la moindre importance pour la navigation houturière. Dans un de ces projets, les fonds du bâtiment sont creusés en dessous en forme de canal ; une surface hélicoïde presque aussi longue que le bateau y est enfermée, de sorte qu'il est évident qu'en faisant tourner cette surface, le navire doit avancer. Dans une autre, au lieu de creuser en canal les fonds du bateau et d'y adapter une surface hélicoïde, on se sert de deux bâtiments entre lesquels sont établies deux hélices tournant en sens opposés : deux moyens impraticables à la mer.

Système Delisle. — En 1824, M Delisle, capitaine du génie, proposait d'adapter soit deux vis sous les façons arrières, soit quatre vis pour les vaisseaux, dont deux à l'avant et deux à l'arrière. Voici quel était son système.

Ces vis consistaient en un arbre pénétrant dans le navire, sur lequel seraient fixées à angles égaux trois branches en tôle très-épaisse et tordues comme le serait cette partie de la vis elle-même si elle était plongée jusqu'à l'axe. Un cercle boulonné sur ces branches recevrait six segments hélicoïdes, qui formeraient ensemble à peu près le tour entier de la vis ; l'angle du milieu serait 45 degrés.

Système Brown. — En 1825, une compagnie qui s'était formée pour faire l'application du *Gas vacuum engine* à la navigation des canaux, offrit une prime de cent guinées pour le meilleur système de propulsion des bâtiments sans le secours des roues à aubes. M. Samuel Brown, inventeur du *Gas vacuum engine*, soumit un modèle mû par une vis se rapportant au système Carpentier, dont nous parlerons ci-après, placée à l'a-

vant. Le propulseur se composait de deux lames se croisant en angle droit et formant, avec l'axe, un angle de 45 degrés. Il était rattaché à l'arbre par un joint universel, et, en soulevant le support vertical, le propulseur pouvait être retiré de l'eau ; l'axe restait parallèle à l'étrave ; l'arbre traversait une boîte à étoupe placée dans l'étrave.

La compagnie s'étant décidée à donner suite à l'invention, on construisit à Rochester un bâtiment qui reçut une de ces machines, de 12 chevaux, destinée à faire mouvoir le propulseur ; la communication de mouvements se faisait au moyen de roues à angles. Le bâtiment fut essayé plusieurs fois, mais il fut abandonné par suite de la dissolution de la compagnie. Cependant les résultats furent si satisfaisants que M. Brown fit construire un autre bâtiment plus convenable, sur lequel il établit la même machine et le même système. Ce bâtiment fit plusieurs trajets, notamment entre le pont de Londres et Battersen avec une vitesse de 6 à 7 milles à l'heure !

En 1827, dans l'*Histoire de la marine à vapeur*, 2e édition, on trouve le passage suivant : « On a fait en Amérique l'essai d'une espèce de vis qui était placée à l'avant ou à l'arrière du bâtiment, complétement immergé, et dont l'axe était parallèle à la quille. On l'abandonna après une expérience très-approfondie et très-soigneusement faite, sans dire les raisons de son insuccès.

En 1836, M. Smith prend une patente pour l'application de l'hélice aux navires. (*Voy. ci-après Col.* 21, 4°.)

En 1839, l'ingénieur anglais Rennie, spécialement occupé de la navigation des canaux, a proposé de substituer à la surface héliçoïde une surface dont la direction est une spirale tracée sur la nappe d'un cône à base circulaire. (*Voy.* ci-après la description de ce système, à l'article de ce mécanicien.

Système Sauvage. — M. Sauvage, constructeur et mécanicien français, avait fait, même à cette époque (1839), beaucoup d'essais sur l'hélice. Il l'a d'abord appliquée, il y a environ neuf années, à un bateau qu'il a fait manœuvrer à bras dans les bassins du Hâvre. Un petit steamer fut construit à Honfleur pour recevoir cet appareil. Il a stationné pendant longtemps dans le bassin d'Ingouville, en attendant que M. Sauvage eût le temps d'y appliquer son propulseur, qu'il avait fait fonctionner dans une chaloupe sur la Seine, au-dessus du pont de Neuilly. Tout récemment encore, il a présenté à l'examen de l'Académie des sciences un petit brick de guerre armé de deux hélices perfectionnées par lui. Elles agissaient par l'effet d'un mouvement rotatoire continu, communiqué au moyen d'un mécanisme d'horlogerie et capable de faire équilibre à un poids de 200 grammes (6 onces) dans un fluide, ce qui équivaudrait à quelques grains, si cette force s'appuyait sur un terrain ferme. Un rapport à ce sujet a été fait par M. le baron Ségnier, et inséré dans les comptes-rendus de l'Académie.

La vis Sauvage est composée de deux segments héliçoïdes formant ensemble un tour entier dont l'angle milieu d'inclinaison est d'environ 65 degrés. Ces hélices reposent sur l'arbre lui-même, et par conséquent la vis est entièrement pleine.

En 1839 encore, M. Erison prend en Angleterre une patente pour l'application de l'hélice à la navigation. Le genre de son propulseur est en tout semblable et disposé d'une manière identique avec celui proposé par M. le capitaine Delisle en 1823. Les vis, au nombre de deux, sont placées dans chaque côté de l'étambot. Elles se composent, comme nous l'avons expliqué plus haut, de six lames fixées à distance égale autour d'un cylindre concentrique à l'axe : les lames et les bras sont des segments de vis. Un bâtiment, appelé le *Robert Stokton*, fut essayé sur la Tamise avec un propulseur de cette espèce; il était muni d'une paire de machines sans condensation, de la force de 60 chevaux, placées à angle droit et agissant sur une manivelle de manière que les deux vis étaient mises en mouvement directement par la machine. Ce système fut appliqué en Amérique sur le *Clarion*, de 70 chevaux, puis enfin sur la frégate le *Princeton*.

Enfin, une foule d'ingénieurs et de mécaniciens américains et anglais sont descendus successivement dans l'arène, proposant des formes différentes d'hélices et de propulseurs sous-marins, que l'on qualifie de systèmes. Nous nous bornerons à citer les plus remarquables.

1° *Système de Hunt.* — Dans le système de Hunt, le propulseur est composé de quatre lames presque triangulaires dont les sommets sont fixés à l'axe. L'angle extrême est de 59 degrés environ. Le but que s'est plus particulièrement proposé M. Hunt est de gouverner au moyen de la vis elle-même. A cet effet l'arbre principal communique à un arbre vertical au moyen d'un engrenage à angles. Le mouvement imprimé par la machine au deuxième engrenage à angles fait tourner l'arbre horizontal qui porte la vis.

Ce système a été appliqué à un petit bateau, appelé *Infant-Prince*, de 30 tonneaux, armé de deux machines oscillantes sans condensation, de la force de 10 chevaux, par MM. Penset fils, de Greenwick, sans résultats positifs. Outre les inconvénients d'un mécanisme des plus compliqués, placé sous l'eau et hors de portée, il faut remarquer que, lorsqu'il est nécessaire de porter la vis du côté opposé à son mouvement, on est obligé de lui communiquer, au moyen de la barre, un excès de vitesse qui exigerait une force trop considérable dans un grand bâtiment, quels que fussent d'ailleurs les moyens mécaniques employés. En effet, on gouverne le navire au moyen d'une vis sans fin qui engrène avec un secteur fixé à l'axe creux, de sorte qu'en faisant mouvoir la vis on fait tourner tout le système, et par conséquent le gouvernail, sans exercer d'influence sur le

mouvement des roues, ce qui paraît évidemment impraticable à bord d'un bâtiment de grande dimension.

Ce système est une copie exacte du système de M. le marquis de Jouffroy (Achille), M. Hunt ayant substitué une vis aux palmes articulées de l'ingénieur français.

2° *Système de Fife.* — Le système de M. Fife se compose d'un long segment pris sur le bord extérieur de l'hélice et formant un tour entier. Ce propulseur n'est autre que la vis de M. Delisle moins la solidité. Il exigerait une ouverture immense dans le massif arrière du bâtiment pour l'y installer, ce qui en affaiblirait considérablement la solidité.

3° *Système du capitaine Carpentier.* — Le propulseur de M. le capitaine Carpentier est composé de deux losanges à surface plane formant avec l'axe des angles de 45 degrés et se coupant à angle droit. Il est évident que les différents points de ces losanges sont doués d'une vitesse d'autant plus grande, qu'ils sont plus éloignés de l'axe, puisqu'ils doivent tous accomplir une révolution entière dans le même temps; et, comme les lignes parallèles à l'axe, situées dans le plan des losanges et passant par ces points, forment toutes avec l'axe le même angle, il s'ensuit que, tandis que les points extrêmes peuvent acquérir une vitesse plus grande que celle du navire, ceux du milieu peuvent avoir la même vitesse que lui et ceux de l'axe une vitesse moindre. Ces derniers deviennent donc dans ce cas nuisibles à la vitesse du navire. Mais, comme une partie de l'effort produit sur eux par l'eau tend à faire tourner le propulseur, la perte de force est moindre. Elle est cependant assez grande pour rendre ce système très-inférieur à celui de la vis.

Le capitaine Carpentier a en outre l'idée de rattacher l'arbre à la vis au moyen d'un joint universel, ce qui permettrait au besoin, en repoussant l'arbre en dehors, de soustraire le système à l'action de la mer; mais c'est toujours un grand inconvénient d'avoir un mécanisme quelconque au-dessous de l'eau, qu'on ne peut visiter à volonté. Ce système a été adopté par ordre de l'amirauté à la pinasse du bateau à vapeur de Sa Majesté le *Geyser*, dont M. Carpentier est commandant.

4° *Système du capitaine Smith.* — Le système de M. le capitaine Smith est un propulseur qui ne diffère du précédent que par la forme des surfaces planes, qui sont trapézoïdales; il renferme les mêmes inconvénients.

5° *Système Beys.* — M. Beys, ingénieur prussien, a fait construire à Londres un bateau de 40 tonneaux en fer, muni d'une machine à basse pression, de la force de quarante chevaux, soit une tonne par cheval, avec lequel il se propose de faire l'essai d'un système de deux secteurs en tôle qu'il appelle boîtes flottantes. Ces secteurs forment en effet deux boîtes à air, hermétiquement fermées. Leur effet est le même que produisent les palettes. En outre, le système complétement imaginé présente à la marche du bâtiment la résistance de sa surface de section. M. Beys doit essayer encore divers propulseurs construits d'après les principes du capitaine Carpentier, qui ne diffèrent de celui de ce dernier que par le nombre et la forme des surfaces de propulsion.

6° *Système Blaxland.* — Le propulseur de M. Blaxland a été appliqué à un vapeur de rivière auparavant muni de roues à aubes, en conservant les mêmes machines. Ce bateau se nomme le *Swifoure*, jaugeant 140 tonneaux. Ces deux machines sont de Waltz et Bollon, dont la force totale est estimée à 40 chevaux. Ce propulseur se compose d'un moyeu fixé sur l'arbre du propulseur, reposant sur un pallier dans le faux étambot, qui est muni d'une boîte à étoupes. Il y a dans le massif arrière une ouverture dans laquelle agit le propulseur; du moyeu partent quatre bras, sur lesquels sont rivés ou vissés cinq segments; et c'est la manière de fixer ces segments suivant des angles particuliers, qui constitue les avantages spécifiés par M. Blaxland dans sa patente.

La manière de communiquer à l'arbre propulseur est un grand tambour fixé sur l'arbre de la machine. Ce tambour se compose d'un certain nombre de planches épaisses placées sur les cercles extérieurs des roues, parallèlement à l'axe, comme les douves d'une barrique. On a pratiqué une série de rainures sur la circonférence du tambour ainsi formé. Un autre tambour plus petit est fixé à l'arbre du propulseur, lequel a des rainures en même nombre et de même forme que celles du grand tambour. Le mouvement est communiqué de l'arbre de la machine à celui du propulseur au moyen de cordes sans fin semblables entre elles, placées dans les rainures, et auxquelles on peut donner la tension voulue au moyen de poulies de serrage.

Ce système ne paraît pas pouvoir être appliqué utilement à un navire de mer, dans lequel on ne peut installer un mécanisme aussi compliqué. Dans une expérience faite entre le *Swifoure* et le *Novelty*, bâtiments de 320 tonneaux, et propulsés au moyen de machines d'environ 80 chevaux par une vis ordinaire, le *Novelty* gagna le *Swifoure* de près d'un mille par heure; or, comme on sait que le premier n'a jamais dépassé 7 milles en eau morte, on doit conclure que le système Blaxland est inférieur au système appliqué au *Novelty*.

7° M. Smith a adopté de préférence le propulseur *Sauvage*, sans rien y changer. Il est composé, comme nous l'avons dit plus haut, de deux segments héliçoïdes, formant ensemble un tour entier dont l'angle milieu d'inclinaison est d'environ 45 degrés. Ces hélices reposent sur l'arbre lui-même, et, par conséquent, la vis est entièrement pleine. Ce système a été appliqué à un petit navire, l'*Archimède*, puis à bord de la *Princesse-Royale*.

8° *Système David Napier*. — Le système de M. David Napier consiste en ce que son propulseur n'est qu'en partie immergé, ce qui permet de réduire la vitesse de son axe et d'éviter la perte angulaire produite par le mouvement rotatif des parties rapprochées du centre.

La disposition consiste à placer à l'arrière, dans un encadrement, deux roues d'égal diamètre; l'une est un peu de l'avant de l'autre, de manière que les extrémités des lames viennent raser les axes respectifs. Un bateau à vapeur en fer, construit par M. Napier pour essayer ce système, a atteint une assez bonne vitesse; l'arrière se terminait presque carrément, de sorte que les propulseurs consomment une grande partie de leur force à agir dans une eau morte, conséquence de cette construction.

9° *Système Rennie* (Spirale *Rennie*). — La vis dite vis d'Archimède est simplement, comme il a été dit, une hélice, c'est-à-dire qu'elle se compose d'un plan incliné enroulé autour d'une tige ou d'un cylindre.

M. Rennie propose, lui, de remplacer l'hélice par une vis spirale; alors son propulseur sera engendré en enroulant un plan incliné autour d'un cône logarithmique ou spire. Son but est d'augmenter graduellement le pas du filet, de sorte que, lorsque l'eau aura acquis toute la vitesse que la partie antérieure de la vis peut lui donner, elle continue à lui imprimer une nouvelle impulsion, et ainsi le filet peut être continué jusqu'à ce qu'il devienne presque droit.

Il y a dans cette modification ingénieuse quelque chose d'intéressant, la disposition remarquable de ce système étant fondée sur une étude attentive des formes données par la nature aux poissons qui nagent très-vite, tels que les saumons, les maquereaux et les harengs, qui sont propulsés par leur queue. Mais nous ferons observer que l'impulsion ne provient point d'un mouvement rotatif continu, mais bien de chocs successifs. Ici, comme ailleurs, la question est loin d'être résolue.

M. Rennie doit, en vertu des ordres de l'amirauté, installer ce propulseur sur un bâtiment dont l'efficacité définitive sera démontrée pratiquement : avant un essai bien conduit, il serait difficile de formuler sur ce système, comme sur tant d'autres, un jugement concluant.

10° L'institution des ingénieurs civils de Londres a repris, dans la séance du 20 février 1844, la discussion qui avait eu lieu à la séance précédente au sujet des propulseurs à hélice; M. Grontham a expliqué la construction du propulseur placé à bord du *Liverpool screw*. Ce propulseur est formé de quatre bras avec de larges extrémités en écopes fixées à un angle de 45 degrés.

11° *Vis à échelons*. — Elle a été imaginée dans le cas où on se trouverait obligé de diminuer le recul d'un bâtiment ayant un faible tirant d'eau et une seule vis. Cette modification consiste à allonger l'arbre de la vis de manière à placer les segments ou échelons, en doublant la longueur de l'arbre d'une vis composée de quatre segments : on peut ainsi augmenter sa surface d'un tiers, sans rien changer au diamètre ni à l'action des segments, en les disposant de telle sorte qu'au lieu de se trouver à même hauteur comme auparavant, on les fasse avancer chacun d'un tiers de la longueur de l'arbre primitif.

Conclusion. — D'après ce court aperçu, à qui donnerons-nous le titre glorieux d'inventeur de l'hélice ou vis d'Archimède, que tant d'ingénieurs et mécaniciens se disputent?

Américains, Anglais et Français, soyons de bonne foi : chacun de vous avez apporté à sa perfection votre part de génie, de talents et de veilles.

A chacun donc sa part dans notre admiration et notre reconnaissance, pour tant d'études, malgré si peu de succès. Dans votre amour de la science et de l'humanité, votre but était de rendre définitive l'application de ce propulseur transformé de tant de manières à la navigation par la vapeur, l'une des plus belles découvertes dont puisse s'honorer l'esprit humain.

HIÉROGLYPHES. — C'est le nom que les Grecs, et, par suite, les peuples modernes, ont donné aux figures inscrites sur les monuments religieux de l'Egypte, et dont l'assemblage formait un langage pour les yeux, une écriture symbolique par laquelle on sut, longtemps avant Cadmus, donner de la couleur et du corps aux pensées. Nous avons déjà parlé des hiéroglyphes à l'article ÉCRITURE (*voy. ce mot*) : nous complèterons ce qui en a été dit par la notice suivante, publiée par M. Arago dans l'*Annuaire du bureau des longitudes* (année 1835).

« *Histoire de la première interprétation exacte qui ait été donnée des hiéroglyphes*. — En corrigeant ces jours derniers, pour les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, les épreuves d'un éloge historique du docteur Thomas Young, qui remonte déjà à trois années, il me vint à l'esprit que le chapitre dans lequel j'ai discuté les titres des deux célèbres prétendants à la première interprétation exacte qu'on ait donnée des hiéroglyphes égyptiens, était de nature à entrer dans l'Annuaire. Cette découverte, me disais-je, figurera certainement au premier rang parmi les plus belles de notre siècle. D'ailleurs, après les débats animés qu'elle a fait naître, chacun doit désirer savoir si la France peut, *consciencieusement*, prétendre à ce nouveau titre de gloire. Ainsi, l'importance de la question et l'amour-propre national bien entendu se sont réunis pour m'encourager à publier ici le résultat de l'examen minutieux auquel je m'étais livré. Puissé-je ne m'être pas trop aveuglé sur le danger qu'il y a toujours à aborder des sujets difficiles, dans des matières dont on ne fait pas le sujet spécial de ses études.

« Les hommes ont imaginé deux systèmes d'écriture entièrement distincts. L'un est employé chez les Chinois : c'est le système

hiéroglyphique ; le second, en usage actuellement chez tous les autres peuples, porte le nom de système alphabétique ou phonétique.

« Les Chinois n'ont pas de lettres proprement dites. Les caractères dont ils se servent pour écrire sont de véritables hiéroglyphes : ils représentent non des sons, non des articulations, mais des idées. Ainsi *maison* s'exprime à l'aide d'un caractère unique et spécial, qui ne changerait pas, quand même tous les Chinois arriveraient à désigner une maison, dans la langue parlée, par un mot totalement différent de celui qu'ils prononcent aujourd'hui. Ce résultat vous surprend-il? Songez à nos chiffres, qui sont aussi des hiéroglyphes. L'idée de l'unité ajoutée sept fois à elle-même, ou le nombre huit, s'exprime partout, en France, en Angleterre, en Espagne, etc., à l'aide de deux ronds superposés verticalement et se touchant par un seul point; mais en voyant ce signe idéographique 8, le Français prononce *huit*, l'Anglais *eight*, l'Espagnol *ocho*. Personne n'ignore qu'il en est de même des nombres composés. Ainsi, pour le dire en passant, si les signes idéographiques chinois étaient généralement adoptés, comme le sont les chiffres arabes, chacun lirait dans sa propre langue les ouvrages qu'on lui présenterait, de même qu'il lit tous les nombres, sans avoir besoin de connaître un seul mot de la langue parlée par les auteurs qui les auraient écrits.

« Il n'en est pas ainsi des écritures alphabétiques :

Celui de qui nous vient cet art ingénieux
De peindre la parole et de parler aux yeux,

ayant fait la remarque capitale, que tous les mots de la langue parlée la plus riche se composent d'un nombre très-borné de sons ou articulations élémentaires, inventa des signes ou lettres, au nombre de 24 ou 30, pour les représenter. A l'aide de ces signes, diversement combinés, il pouvait écrire toute parole qui venait frapper son oreille, même sans en connaître la signification.

« L'écriture chinoise ou hiéroglyphique semble l'enfance de l'art. Ce n'est pas, toutefois, ainsi qu'on le disait jadis, que, pour apprendre à la lire, il faille, en Chine même, la longue vie d'un mandarin studieux. Rémusat, dont je ne puis prononcer le nom sans rappeler l'une des pertes les plus cruelles que les lettres aient faites depuis longtemps, n'avait-il pas établi, soit par sa propre expérience, soit par les excellents élèves qu'il formait tous les ans dans ses cours, qu'on apprend le chinois comme toute autre langue? Ce n'est pas non plus, ainsi qu'on l'imagine au premier abord, que les caractères hiéroglyphiques se prêtent seulement à l'expression des idées communes : quelques pages du roman *Yu-kiao-li*, ou les *Deux Cousines*, suffiraient pour montrer que les abstractions les plus subtiles, les plus quintessenciées n'échappent pas à l'écriture chinoise. Le principal défaut de cette écriture serait de ne donner aucun moyen d'exprimer des noms nouveaux. Un mandarin de Canton aurait pu mander par écrit à Pékin que, le 14 juin 1800, la plus mémorable bataille sauva la France d'un grand péril; mais il n'aurait su, en caractères purement hiéroglyphiques, comment apprendre à son correspondant que la plaine où se passa ce glorieux événement était près du village de *Marengo*, et que le général victorieux s'appelait *Bonaparte*. Un peuple chez lequel la communication de noms propres, de ville à ville, ne pourrait avoir lieu que par l'envoi de messagers, en serait, comme on voit, aux premiers rudiments de la civilisation ; aussi, tel n'est pas le cas du peuple chinois. Les caractères hiéroglyphiques constituent bien la masse de leur écriture; mais quelquefois, et surtout quand il faut écrire un nom propre, on les dépouille de leur signification idéographique, pour les réduire à n'exprimer que des sons et des articulations, pour en faire de véritables lettres.

« Ces prémisses ne sont pas un hors-d'œuvre. Les questions de priorité que les méthodes graphiques de l'Egypte ont soulevées vont être maintenant faciles à expliquer et à comprendre. Nous allons, en effet, trouver dans les hiéroglyphes de l'antique peuple des Pharaons tous les artifices dont les Chinois font usage aujourd'hui.

« Plusieurs passages d'Hérodote, de Diodore de Sicile, de saint Clément d'Alexandrie, ont fait connaître que les Egyptiens se servaient de deux ou trois sortes d'écritures, et que dans l'une d'elles, au moins, les caractères symboliques ou représentatifs d'idées jouaient un grand rôle. Horapollon nous a même conservé la signification d'un certain nombre de ces caractères; ainsi, l'on sait que l'*épervier* désignait l'*âme;* l'*ibis*, le *cœur;* la *colombe* (ce qui pourra paraître assez étrange), un *homme violent;* la *flûte*, l'*homme aliéné;* le nombre *seize*, la *volupté;* une *grenouille*, l'*homme imprudent;* la *fourmi*, le *savoir;* un *nœud coulant*, l'*amour*, etc., etc.

« Les signes ainsi conservés par Horapollon ne formaient qu'une très-petite partie des huit à neuf cents caractères qu'on avait remarqués dans les inscriptions monumentales. Les modernes, Kircher entre autres, essayèrent d'en accroître le nombre. Leurs efforts ne donnèrent aucun résultat utile, si ce n'est de montrer à quels écarts s'exposent les hommes les plus instruits, lorsque dans la recherche des faits ils s'abandonnent sans frein à leur imagination. Faute de données, l'interprétation des écritures égyptiennes paraissait depuis longtemps à tous les bons esprits un problème complétement insoluble, lorsqu'en 1799, M. Boussard, officier du génie, découvrit dans les fouilles qu'il faisait opérer près de Rosette une large pierre couverte de trois séries de caractères parfaitement distincts. Une de ces séries était du grec. Celle-là, malgré quelques mutilations, fit clairement connaître que les auteurs du monument avaient ordonné que la *même inscription* s'y trouvât tracée

en trois sortes de caractères, savoir : en caractères sacrés ou hiéroglyphiques égyptiens, en caractères locaux ou usuels, et en lettres grecques; ainsi, par un bonheur inespéré, les philologues se trouvaient en possession d'un texte grec ayant en regard sa *traduction* en langue égyptienne, ou, tout au moins, une transcription avec les deux sortes de caractères anciennement en usage sur les bords du Nil.

« Cette pierre de Rosette, devenue depuis si célèbre, et dont M. Boussard avait fait hommage à l'Institut du Caire, fut enlevée à ce corps savant à l'époque où l'armée française évacua l'Egypte. On la voit maintenant au musée à Londres, où elle figure, dit Thomas Young, comme un monument de la valeur britannique! Toute valeur à part, le célèbre physicien eût pu ajouter, sans trop de partialité, que cet inappréciable monument bilingue témoignait aussi quelque peu des vues avancées qui avaient présidé à tous les détails de la mémorable expédition d'Egypte, comme aussi du zèle infatigable des savants illustres dont les travaux, exécutés souvent sous le feu de la mitraille, ont tant ajouté à la gloire de leur patrie. L'importance de l'inscription de Rosette les frappa, en effet, si vivement que, pour ne pas abandonner ce précieux trésor aux chances aventureuses d'un voyage maritime, ils s'attachèrent à l'envi, dès l'origine, à le reproduire par de simples dessins, par des contre-épreuves obtenues à l'aide des procédés de l'imprimerie en taille-douce, enfin par des moulages en plâtre ou en soufre. Il faut même ajouter que les antiquaires de tous les pays ont connu pour la première fois la pierre de Rosette à l'aide des dessins des savants français.

« Un des plus illustres membres de l'Institut, M. Silvestre de Sacy, entra le premier, dès l'année 1802, dans la carrière que l'inscription bilingue ouvrait aux investigations des philologues. Il ne s'occupa toutefois que du texte égyptien en caractères usuels. Il y découvrit les groupes qui représentent différents noms propres et leur nature phonétique. Ainsi, dans l'une des deux écritures, au moins, les Egyptiens avaient des signes de sons, de véritables lettres. Cet important résultat ne trouva plus de contradicteurs, lorsqu'un savant suédois, M. Akerblad, perfectionnant le travail de notre compatriote, eut assigné, avec une probabilité voisine de la certitude, la valeur phonétique individuelle des divers caractères employés dans la transcription des noms propres que faisait connaître le texte grec.

« Restait toujours la partie de l'inscription purement hiéroglyphique ou supposée telle. Celle-là était demeurée intacte; personne n'avait osé entreprendre de la déchiffrer.

« C'est ici que nous verrons Thomas Young déclarer d'abord, comme par une sorte d'inspiration, que dans la multitude des signes sculptés sur la pierre et représentant soit des animaux entiers, soit des êtres fantastiques, soit encore des instruments, des produits des arts ou des formes géométriques, ceux de ces signes qui se trouvent renfermés dans des encadrements elliptiques correspondent aux noms propres de l'inscription grecque, en particulier au nom de Ptolémée, le seul qui, dans la transcription hiéroglyphique, soit resté intact. Immédiatement après, Young dira que dans le spécial de l'encadrement ou cartouche les signes ne représentent plus des idées, mais des sons; enfin il cherchera, par une analyse minutieuse et très-délicate, à assigner un hiéroglyphe individuel à chacun des sons que l'oreille entend dans le nom de Ptolémée de la pierre de Rosette, et dans celui de Bérénice d'un autre monument.

« Voilà, si je ne me trompe, dans les recherches d'Young sur les systèmes graphiques des Egyptiens, les trois points culminants. Personne, a-t-on dit, ne les avait aperçus, ou du moins ne les avait signalés avant le physicien anglais. Cette opinion, quoique généralement admise, me paraît contestable. Il est en effet certain que, dès l'année 1766, M. de Guignes, dans un mémoire imprimé, avait indiqué les cartouches des inscriptions égyptiennes comme renfermant tous des noms propres. Chacun peut voir aussi, dans le même travail, les arguments dont s'étaye le savant orientaliste pour établir l'opinion qu'il avait embrassée sur la nature constamment phonétique des hiéroglyphes égyptiens. Young a donc la priorité sur un seul point : c'est à lui que remonte la première tentative qui a été faite pour décomposer en lettres les groupes des cartouches, pour donner une valeur phonétique aux hiéroglyphes composant, dans la pierre de Rosette, le nom de Ptolémée.

« Dans cette recherche, comme on peut s'y attendre, Young fournira de nouvelles preuves de son immense pénétration; mais, égaré par un faux système, ses efforts n'auront pas un plein succès. Ainsi, quelquefois, il attribuera aux caractères hiéroglyphiques une valeur simplement alphabétique; plus loin, il leur donnera une valeur syllabique ou même dissyllabique, sans s'inquiéter de ce qu'il y aurait d'étrange dans ce mélange de caractères de natures différentes. Le fragment d'alphabet publié par le docteur Young renferme donc du vrai et du faux; mais le faux y abonde tellement, qu'il serait impossible d'appliquer la valeur des lettres dont il se compose à toute autre lecture qu'à celle des deux noms propres dont on les a tirées. Le mot *impossible* s'est si rarement rencontré dans la carrière scientifique de Young, qu'il faut se hâter de le justifier. Je dirai donc que, depuis la composition de son alphabet, Young lui-même croyait voir dans un cartouche, sur un monument égyptien, le nom d'*Arsinoé*, là où son célèbre compétiteur a montré depuis, avec une entière évidence, le mot *autocrator*; qu'il crut reconnaître *Evergète* dans un groupe où il faut lire *César*

« Le travail de Champollion, quant à la découverte de la valeur phonétique des hiéroglyphes, est simple, homogène, et ne semble donner prise à aucune incertitude. Chaque signe équivaut à une simple voyelle ou à une simple consonne. Sa valeur n'est pas arbitraire : tout hiéroglyphe phonétique est l'image d'un objet physique dont le nom, en langue égyptienne, commence par la voyelle ou par la consonne qu'il s'agit de représenter (1).

« L'alphabet de Champollion, une fois modelé sur la pierre de Rosette et sur deux ou trois autres monuments, sert à lire des inscriptions entièrement différentes : par exemple, le nom de *Cléopâtre*, sur l'obélisque de *Philæ*, transporté depuis longtemps en Angleterre, et où le docteur Young, armé de son alphabet, n'avait rien aperçu. Sur les temples de *Karnac*, Champollion lira deux fois le nom d'*Alexandre ;* sur le zodiaque de Denderah, un titre impérial romain ; sur le grand édifice au-dessus duquel le zodiaque était placé, les noms et surnoms des empereurs Auguste, Tibère, Claude, Néron, Domitien, etc. Ainsi, pour le dire en passant, se trouvera tranchée la vive et éternelle discussion que l'âge de ces monuments avait fait naître ; ainsi sera constaté sans retour que, sous la domination romaine, les hiéroglyphes étaient encore en plein usage sur les bords du Nil.

« L'alphabet, qui a déjà donné tant de résultats inespérés, appliqué, soit aux grands obélisques de Karnac, soit à d'autres monuments qui sont aussi reconnus pour être du temps des Pharaons, nous présentera les noms de plusieurs rois de cette antique race; les noms de divinités égyptiennes : disons plus, des mots *substantifs*, *adjectifs* et *verbes* de la langue copte. Young se trompait donc quand il regardait les hiéroglyphes phonétiques comme une invention moderne ; quand il avançait qu'ils avaient seulement servi à la transcription des noms propres, et même des noms propres étrangers à l'Egypte. M. de Guignes, et surtout M. Etienne Quatremère, établissaient, au contraire, un fait réel d'une grande importance, que la lecture des inscriptions des Pharaons est venue fortifier par des preuves irrésistibles, lorsqu'ils signalaient la langue copte actuelle comme celle des anciens sujets de Sésostris.

« On connaît maintenant les faits. Je pourrai donc me borner à fortifier de quelques courtes observations la conséquence qui me paraît en résulter inévitablement.

« Les discussions de priorité, même sous l'empire des préjugés nationaux, ne deviendraient jamais acerbes, si elles pouvaient se résoudre par des règles fixes ; mais, dans certains cas, la première idée est tout ; dans d'autres, les détails offrent les principales difficultés ; ailleurs, le mérite semble avoir dû consister moins dans la conception d'une théorie que dans sa démonstration. On devine déjà combien le choix du point de vue doit prêter à l'arbitraire, et combien cependant il aura d'influence sur la conclusion définitive. Pour échapper à cet embarras, j'ai cherché un exemple dans lequel les rôles des deux prétendants à l'invention pussent être assimilés à ceux de Champollion et de Young, et qui, d'autre part, eût concilié toutes les opinions. Cet exemple, j'ai cru le trouver *dans les interférences* (1), même en laissant entièrement de côté, pour la question hiéroglyphique, les citations empruntées au mémoire de M. de Guignes.

« Hooke, en effet, avait dit, avant Thomas Young, que les rayons lumineux interfèrent, comme ce dernier avait supposé, avant Champollion, que les hiéroglyphes égyptiens sont quelquefois phonétiques. Hooke ne prouvait pas directement son hypothèse ; la preuve des valeurs phonétiques assignées par Young à divers hiéroglyphes n'aurait pu reposer que sur des lectures qui n'ont pas été faites, qui n'ont pas pu l'être.

« Faute de connaître la composition de la lumière blanche, Hooke n'avait pas une idée exacte de la nature des interférences, comme Young, de son côté, se trompait sur une prétendue valeur syllabique ou dissyllabique des hiéroglyphes.

« Young, d'un consentement unanime, est considéré comme l'auteur de la théorie des interférences ; dès lors, par une conséquence qui me paraît inévitable, Champollion doit être regardé comme l'auteur de la découverte des hiéroglyphes.

(1) Ceci deviendra clair pour tout le monde, si nous cherchons, en suivant le système égyptien, à composer les hiéroglyphes de la langue française.

L'A pourra être indistinctement représenté par un *Agneau*, par un *Aigle*, par un *Ane*, par une *Anémone*, par un *Artichaut*, etc.

Le B se figurerait par une *Balance*, par une *Baleine*, par un *Bateau*, par un *Blaireau*, etc.

Au C, on substituerait une *Cabane*, un *Cheval*, un *Chat*, un *Cèdre*, etc.

A l'E, un *Eléphant*, un *Epagneul*, un *Eolipyle*, une *Epée*, etc.

Abbé s'écrirait donc, à l'aide des hiéroglyphes français, en mettant à la suite les unes des autres, les figures d'un Agneau, d'une Balance, d'une Baleine et d'un Eléphant;

Ou bien, celles d'un Aigle, d'un Bateau, d'un Blaireau, d'une Epée ;

etc. etc.

Ce genre d'écriture a quelque analogie, comme on le voit, avec les rébus dont les confiseurs enveloppent aujourd'hui leurs bonbons. Voilà où en étaient ces prêtres égyptiens que l'antiquité nous a tant vantés, mais qui, on doit le dire, ne nous ont à peu près rien appris.

M. Champollion appelle *homophones* tous les signes qui, représentant un même son ou une même articulation, pouvaient se substituer indistinctement les uns aux autres. Dans l'état actuel de l'alphabet égyptien, je vois six ou sept signes homophones pour l'A, et plus d'une douzaine pour l'S ou plutôt pour le *sigma* grec.

(1) Cette dernière partie de la discussion ne pourra guère être comprise de ceux qui sont étrangers aux phénomènes des interférences. Au reste, elle ne me semble pas assez importante dans la question pour que je doive reproduire ici l'article de l'*Annuaire* de 1831, où la théorie des interférences a été expliquée avec tous les développements nécessaires.

« Je regrette de n'avoir pas songé plus tôt à ce rapprochement. Si, de son vivant, Young eût été placé dans l'alternative d'être le créateur de la doctrine des interférences, en laissant les hiéroglyphes à Champollion, ou de garder les hiéroglyphes en abandonnant à Hooke l'ingénieuse théorie optique, je ne doute pas qu'il se fût empressé de reconnaître les titres de notre illustre compatriote. Au surplus, il lui serait resté, ce que personne ne pourra lui contester, le droit de figurer dans l'histoire de la mémorable découverte des hiéroglyphes, comme Kepler, Borelli, Hooke et Wrenn figurent dans l'histoire de la gravitation universelle. »

HORLOGE. — L'horloge est une machine qui, par un mouvement uniforme quelconque dont les parties se peuvent mesurer, indique les parties du temps qui sont écoulées. Ainsi tout l'art de l'horlogerie n'est autre chose que l'application du temps à l'espace.

Les horloges à rouages, à ressorts, à contre-poids, à sonnerie, sont autant de machines automates inventées pour mesurer le temps. « Songer à le fixer, serait un dessein extravagant ; mais, dit l'abbé Sallier, marquer les moments de sa fuite, compter les parties par lesquelles il nous échappe, c'est un fruit de la sagacité de l'homme, et une découverte qui, ayant eu la grâce de la nouveauté, conserve encore la beauté de l'invention, jointe à son utilité reconnue : cette découverte est celle des horloges en général. »

Après que Ctésibius, qui florissait vers l'an 613 de Rome, eut imaginé la machine hydraulique des horloges à eau (voy. *Clepsydre*, à l'art. HORLOGERIE), on trouva le secret d'en faire à rouages sur le même modèle, et ces nouvelles horloges prirent une grande faveur ; Timaleion en avait une dans sa salle à manger. Cette invention néanmoins ne se perfectionna point; car, pendant plus de sept siècles, il n'est parlé d'aucune horloge remarquable. Nous ne connaissons de nom que celle de Boëce et de Cassiodore. On sait que Cassiodore avait lui-même du goût pour la mécanique; l'histoire rapporte que, s'étant retiré, sur ses vieux jours, dans un monastère de la Calabre, il s'y amusait à faire des horloges à rouages, des cadrans et des lampes perpétuelles.

Mais la barbarie enveloppa si bien tous les arts dans l'oubli, que, lorsque deux cents ans après le pape Paul I[er] envoya, vers l'an 760, une horloge à rouages à Pépin le Bref, cette machine passa pour une chose unique dans le monde.

Vers l'an 807, le calife Aaron Ralchild, si connu par son amour pour les sciences et les arts, ayant contracté une étroite amitié avec Charlemagne, lui fit, entre autres présents, celui d'une horloge, dont nos historiens parlent avec admiration, et qui était vraisemblablement dans le goût de celle du pape Paul I[er]. Ce n'était pas du moins une horloge sonnante, car il n'y en avait point de telle du temps de Charlemagne et dans toutes les villes de son empire; il n y en eut même que vers le milieu du XIV[e] siècle. De là vient l'ancienne coutume qui se conserve en Allemagne, en Suisse, en Hollande, en Flandre et en Angleterre, d'entretenir des hommes qui avertissent de l'heure pendant la nuit (1).

Les Italiens, à qui l'on doit la renaissance de toutes les sciences et de tous les arts, imitèrent aussi les premiers les horloges du pape Paul et du calife Abasside. Cette gloire appartient à Pacificus, archidiacre de Vérone, excellent mécanicien, mort en 846. Il n'est donc pas vrai que Gerbert, qui mourut sur le siége pontifical en 1033, soit l'inventeur des horloges à roues, comme quelques-uns l'ont avancé. En effet, outre que la prétendue horloge de Gerbert n'était qu'un cadran solaire, les roues étaient employées dans les horloges dont nous venons de parler.

Dans le XIV[e] siècle, parut à Londres l'horloge de Walingford, bénédictin anglais, mort en 1325, et elle fit beaucoup de bruit dans son pays ; mais bientôt après l'on vit à Padoue celle de Jacques de Dondi, la merveille de son temps. Il nous sera facile de faire connaître au lecteur cette merveille en transcrivant ici ce qu'en dit un témoin oculaire, le sieur de Mézières, dans son Songe du vieux pèlerin. D'ailleurs, c'est un morceau assez curieux pour l'ancienne histoire de l'horlogerie. Le voici mot pour mot :

« Il est à savoir qu'en Italie, il y a aujourd'hui un homme en philosophie, en médecine et en astronomie, en son degré singulier et solennel par commune renommée sur tous les autres excellents ès dessus trois sciences, de la cité de Bade. Son surnom est perdu et est appelé maître Jean des Horloges, lequel demeure à présent avec le comte de Vertus, duquel il a de gages et de bienfaits, deux mille florins, ou environ. Ce maître Jean des Horloges a fait dans son temps des grandes œuvres solennelles, ès trois sciences dessus touchées, qui par les grands clercs d'Italie, d'Allemagne et de Hongrie, sont autorisées et sont en grande réputation, entre lesquelles œuvres il a fait un grand instrument appelé (sphère) ou horloge du mouvement du ciel, auquel instrument où sont tous les mouvements des signes et des planètes, avec leurs cercles et episticules (apparemment épicycles) et différences par la multiplication des roues sans nombre avec toutes leurs parties, et à chacune particulièrement son mouvement.

« Par telle on peut voir clairement en quel signe et degré les planètes sont et les étoiles solennelles du ciel. Et est faite si substilement cette espèce, que nobnostant la multitude des roues qui ne pourraient pas se nombrer bonnement, sans défaire l'ins-

(1) Dans la Flandre Française, l'Artois et le Cambrésis, ceci est encore en usage : on appelle cela *corner l'heure*. En effet, le veilleur au *beffroi*, a soin de faire résonner une trompe ou *corne* autant de fois que l'heure a frappé à l'horloge, et cela aux quatre coins de la tour du beffroi.

trument, tout le mouvement est gouverné par un seul contre-poids, qui est de si grande merveille, que les astronomes des régions lointaines viennent visiter à grandes révérences le maître Jean et l'œuvre de ses mains; et tous les clercs d'astronomie, de médecine et de philosophie qu'il n'est de mémoire d'homme, par écrit ni autrement, qu'en ce monde est fait si bien un instrument du mouvement du ciel comme l'horloge desusdit; l'entendement du maître Jean il est de ses mains propres et forgea l'horloge toute en laiton et en cuivre sans avoir l'aide de personne, et ne fit autre chose en seize ans, comme a été informé l'écrivain de ce livre, qui a eu une grande amitié avec le maître Jean. »

Ce récit, simplifié en deux mots, nous apprend que l'horloge de Jacques de Dondi, né à Padoue, marquait outre les heures, le cours annuel du soleil suivant les douze figures du zodiaque, avec le cours des planètes. Cette horloge merveilleuse qui fut placée sur la tour du palais de Padoue, en 1344, valut à son auteur et à tous ses descendants, le surnom d'*Horologius*, qui dans la suite prit la place du nom de famille. Cette famille subsiste encore avec honneur en deux branches, l'une agrégée au corps des patriciens, l'autre décorée du titre de marquis.

L'horloge de Dondi excita l'émulation des ouvriers dans toute l'Europe; on ne vit plus que des horloges à roues, à contre-poids, à sonnerie, en Allemagne, en France et ailleurs. L'horloge de Courtray fut une de celles qui furent le plus célébrées; Philippe le Hardi, duc de Bourgogne, la fit démonter en 1363, et emporter par charrois à Dijon, où il la fit remonter. « C'est l'ouvrage le plus beau, dit Froissard, qu'on pût trouver deçà ni delà de la mer. » Entre les pièces singulières de cette horloge, décrite par le même auteur, il y avait vingt-quatre brochettes, qui devaient apparemment servir à faire sonner les heures, ou du moins les indiquer (1).

La France ne fut pas moins curieuse que les autres pays à se procurer des horloges à la nouvelle mode. Paris montra l'exemple par celle du Palais, qui est la première horloge que la capitale du royaume ait possédée. Elle fut faite par Henri de Vic, que Charles V fit venir d'Allemagne. Il assigna six sous parisis à cet ouvrier, et lui donna son logement dans la tour, sur laquelle l'horloge fut placée, en 1370. (C'est cette même horloge qui vient d'être restaurée à neuf.) L'horloge du château de Montargis fut faite vers l'an 1380, par Jean Jouvens.

Mais Nuremberg, ville où les ouvriers se sont toujours signalés par une adresse industrieuse, se distingua singulièrement par la variété de mécaniques qu'elle mit dans les horloges de sa façon. Ponthus de Thajard, mort évêque de Châlons, rapporte en avoir vu où les heures de chaque jour et de chaque nuit, de quelque durée que fussent l'un et l'autre, étaient séparément divisées en douze parties égales.

(1) Cette horloge se voit encore aujourd'hui à Dijon, au-dessus de l'église de Notre-Dame.

M. Hardait a renouvelé cette invention : il a fait une horloge où le cadran marque deux fois douze heures, séparément, sur deux espèces d'éventails dont les branches de l'un s'écartent à proportion que celles de l'autre se rapprochent, l'une et l'autre alternativement, selon la durée des heures, qui suit celles des jours et des nuits. Cette horloge était dans le cabinet de M. d'Onsembray, mort en 1754.

On juge bien que l'horlogerie ne tomba pas en Italie. L'horloge de Dondi, qui y avait été tant admirée, excita l'émulation d'un habile ouvrier qui, en 1402, en fit une à Pavie presque toute semblable et fort promptement, sous la protection de Jean Galéas Visconti.

Dans le temps de Louis XI, c'est-à-dire sur le déclin du XV[e] siècle, il fallait qu'il y eût des horloges portatives à sonnerie. Un gentilhomme ruiné par le jeu, étant entré dans la chambre de ce prince, prit son horloge et la mit dans sa manche, où elle sonna. Louis XI, dit Duverdier, non-seulement lui pardonna le vol, mais lui donna généreusement l'horloge. Carovagius, sur la fin du même siècle, fit un réveil pour André Alcias, lequel réveil sonnait l'heure marquée, et, du même coup, battait le fusil et allumait une bougie.

Vers le milieu du XVI[e] siècle, la mécanique des grosses horloges s'étendit et se perfectionna partout. Henri II fit faire celle d'Anes, qui fut admirée. Celle de Strasbourg, achevée en 1573, soutient encore aujourd'hui sa première réputation, et passe pour une des plus merveilleuses de l'Europe, comme celle de Lyon passe pour la plus belle de France. L'horloge de Lyon fut construite par Nicolas Lippius, de Bâle, en 1598, rétablie et augmentée, en 1660, par Guillaume Nourrisson, habile horloger lyonnais.

Derham fait une mention très-honorable de l'horloge de la cathédrale de Lunden, en Suède, laquelle, selon la description qu'en donne le docteur Heylin, n'est point inférieure à celle de Strasbourg. En un mot, on ne peut douter qu'il n'y ait dans diverses villes de l'Europe beaucoup d'horloges de ces derniers siècles, d'une structure très-curieuse.

Il paraît même qu'on n'a pas tardé d'exécuter en petit des horloges merveilleuses. Pancirolle assure que, de son temps, c'est-à-dire sur la fin du XV[e] siècle, l'on exécutait de telles horloges de la grosseur d'une amande, que l'on pouvait porter au cou. Un nommé Majnécide se distingua dans ce genre de travail. Ces derniers siècles ont eu leurs Myrmécydes; mais toutes ces petites machines, qui prouvent l'adresse et l'industrie de l'ouvrier, ne sont ni de durée, ni d'un goût éclairé.

Quoique l'on nomme en général horloge toute machine qui, par l'engrenage de ses roues, sert à mesurer ou à indiquer les différentes parties du temps, ce terme se dit

cependant plus particulièrement de celles que l'on place dans les clochers des églises, dans les châteaux, dans les salles et sur les escaliers, et qu'on appelle *horloges à pied* ou *de chambre*.

Dans les commencements on les appela cadrans nocturnes, pour les distinguer des cadrans solaires.

Quoique ces mesures du temps aient toujours été en se perfectionnant depuis le temps de leur invention, elles étaient encore fort imparfaites vers le milieu du siècle passé. Mais dès que Huyghens eut imaginé ou perfectionné la manière de substituer le pendule au balancier, on les vit en peu de temps parvenir à un degré de justesse qu'on n'aurait pas osé espérer dans cette heureuse découverte. (*Voy.* PENDULE.)

Une horloge étant une machine qui doit avoir un mouvement égal et d'une assez grande durée pour mesurer le temps, on voit qu'il faut d'abord produire du mouvement et le déterminer ensuite à être égal. Il doit donc y avoir, 1° une force motrice; 2° un enchaînement de parties qui détermine l'égalité du mouvement. D'où il suit qu'une horloge a toujours un poids ou un ressort pour produire du mouvement, et des roues et un échappement pour le modifier; c'est cette partie d'une horloge que l'artiste appelle le mouvement. Il donne aux autres qui servent à sonner ou à répéter les heures, les noms de sonnerie, répétition.

Depuis le temps de leur invention, la construction générale a été toujours la même jusqu'aux environs de 1732, époque où M. le Roy père inventa les horloges horizontales, qui sont incontestablement préférables aux autres.

HORLOGE ÉLECTRIQUE. — Depuis quelques années, les applications de l'électricité aux arts se multiplient à mesure que l'on étudie avec plus de soin le mode d'action de ce mystérieux agent; mais celles qui sont relatives à la mécanique reposent principalement sur l'aimantation d'une barre de fer doux sous l'influence d'un courant électrique circulant dans un fil conducteur enroulé autour de cette barre. L'aimantation momentanée et répétée d'un électro-aimant produit, en effet, une série d'attractions sur une armature en fer doux, et peut donner lieu à un mouvement de va-et-vient qu'il est très-facile de transformer en un mouvement circulaire au moyen de plusieurs combinaisons mécaniques. Tel est le principe qu'on a invoqué pour la construction de la plupart des télégraphes et des horloges électriques imaginés jusqu'ici. Mais, si tous les instruments de ce genre sont fondés sur l'aimantation répétée d'une tige en fer doux, il s'en faut de beaucoup que tous ces appareils soient semblables, et c'est dans l'agencement des diverses parties de chaque machine et dans la manière dont s'opère la transmission de force, que l'on peut reconnaître le talent du construucteur.

M. Paul Garnier a résolu la question suivante à l'aide des instruments soumis à l'examen du comité des arts économiques. L'heure étant donnée par une pendule ou une horloge type, établir un certain nombre d'horloges secondaires ou d'appareils chronométriques qui marchent d'accord avec la pendule type, quelles que soient les variations de température qui pourraient survenir.

L'appareil type est une pendule ou une horloge ordinaire, dont le but est d'interrompre un circuit électrique un certain nombre de fois par minute. Cette pendule porte sur l'axe de sa roue d'échappement une étoile en acier composée de plus ou moins de rayons suivant le nombre d'interruptions que l'on veut obtenir : à peu de distance se trouve un pignon sur l'axe duquel sont fixées de petites ailettes mues par un rouage auxiliaire. Plus elles sont nombreuses, plus le rouage peut marcher de temps sans être monté. Si l'on emploie une pendule ordinaire pour pendule type, le rouage de la sonnerie peut servir à cet usage. Le pivot du pignon traverse la platine de derrière de la pendule et porte à frottement sur son prolongement un petit moulinet ayant un nombre de branches correspondant à celui des ailettes. Or, comme les ailettes viennent rencontrer les dents de l'étoile, le mouvement de l'axe de la roue d'échappement permet le mouvement rotatif du petit moulinet. Un levier à ressort, qui appuie sur le moulinet, est écarté de sa position chaque fois qu'une branche de ce moulinet passe perpendiculairement devant le levier. Cet écart alternatif du levier produit une interruption de communication entre une petite sphérule d'or pur et une surface d'acier trempé et poli. Le courant électrique étant établi par suite du contact de ces deux métaux, toute interruption dans leur communication donne lieu à la rupture du circuit électrique. Ainsi, en définitive, la fonction de la pendule ou de l'horloge type est d'interrompre le courant électrique à des intervalles régulières.

Chaque appareil chronométrique ou pendule électrique porte à sa base un électro-aimant dans le fil duquel circule le courant électrique. Une armature en fer doux est attirée chaque fois que le courant passe, et reprend sa position primitive quand le circuit est ouvert. Afin d'éviter l'adhérence entre l'électro-aimant et l'armature, on place, comme d'habitude, entre eux deux, une feuille de papier très-mince. Le fer doux communique à un bras de levier qui porte un ressort et un butoir s'engageant dans une roue à rochet; chaque mouvement d'attraction de l'aimant détermine un mouvement dans le levier qui fait avancer la roue à rochet d'un cran, le butoir empêchant le passage de deux crans.

Il est impossible d'entrer ici dans de plus grands détails touchant cet appareil, car l'on ne pourrait pas suivre sa description complète sans le secours d'une figure; je dirai seulement que M. Garnier a pensé que la partie la plus essentielle de la régulation de l'horloge ou le pendule, ne devait pas être

troublée dans sa marche par le courant électrique; c'est pourquoi, au lieu d'agir directement sur le pendule, comme plusieurs physiciens l'ont proposé, il s'est servi d'un rouage auxiliaire pour modifier la marche du courant, et, de plus, il n'a produit qu'une interruption du circuit toutes les cinq ou six secondes, de façon à atténuer l'influence de la cause perturbatrice due à l'organe qui établit les contacts sur la marche de l'horloge. Ainsi, ce qui est essentiellement nouveau dans les appareils de M. Garnier, c'est la disposition de la roue à rochet dans l'appareil chronométrique, qui ne peut avancer que d'une seule dent à chaque aimantation, et le mode d'interruption du circuit électrique dans l'horloge type. On pourrait peut-être craindre que l'adhérence entre l'or et l'acier vînt entraver la marche de l'horloge type; mais il paraît, d'après la manière dont les appareils ont marché depuis plusieurs mois, que ces deux métaux, au contact, n'ont subi aucune altération, et n'ont donné lieu à aucune perturbation dans l'indication de l'heure.

Après avoir parlé des appareils chronométriques, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails au sujet de la production de la force électrique capable de faire marcher ceux-ci sans interruption pendant des mois et même des années. La faible force électrique nécessaire pour l'aimantation des petits électro-aimants employés, a permis à M. Paul Garnier de se servir de couples formés de lames de zinc et de cuivre entourés de sable légèrement humecté par une dissolution de sel ammoniac. On peut voir, d'après la note annexée à ce rapport, qu'un des appareils a marché pendant deux mois et demi à l'aide d'un couple disposé dans un tonneau plein de sable, et a consommé seulement 4 grammes 6 de zinc, et 6 grammes 6 de chlorhydrate d'ammoniaque, par jour, une dépense de 2 centimes et demi par jour ou 75 centimes par mois (en prenant pour prix du zinc 70 centimes le kilog., et pour celui du sel ammoniacal 3 fr. le kilog. (1)). M. Garnier a construit, depuis cette époque, des couples pouvant fonctionner plus longtemps, et dans lesquels se trouvent plusieurs lames de zinc et de cuivre; de sorte que l'on peut, en enlevant successivement chaque lame, renouveler le couple sans interrompre le courant. M. Garnier a trouvé que les couples dont il vient d'être question sont ceux qui réussissent le mieux dans ce genre d'application, vu le peu d'affaiblissement du courant pendant un temps assez long. Afin d'éviter toute interruption dans la marche des instruments, on pourrait s'arranger pour changer les couples tous les trois mois, ou tous les six mois. Quant aux dimensions et au nombre des couples nécessaires pour faire marcher un système d'horloges, on ne peut les déterminer d'après les lois de la conductibilité électrique que lorsque l'on connaît le nombre des appareils chronométriques, c'est-à-dire la résistance du circuit parcouru par l'électricité, et la force nécessaire pour faire fonctionner chaque électro-aimant. On ne peut donc pas considérer comme un inconvénient la production de l'électricité d'une manière continue pour faire marcher les horloges électriques. On peut objecter à ce système de chronométrie d'être soumis aux irrégularités d'une seule pendule, de la pendule type, et que, si vingt ou trente horloges marchent sous l'action d'une seule pendule, elles s'arrêtent lorsque la pendule type cesse de fonctionner. Mais il n'y a pas de raison pour que la pendule type s'arrête, et, si par hasard cela avait lieu, comme les communications du circuit électrique s'enlèvent avec la plus grande facilité, on pourrait remédier à cet accident en remplaçant aussitôt la pendule type par une autre que l'on aurait soin de tenir en réserve.

Nous avons vu marcher les horloges de M. Garnier, et la simplicité de ce système ne nous permet pas de douter de son emploi dans les établissements publics où il est nécessaire d'avoir un grand nombre d'horloges marquant au même instant la même heure. Nous ajouterons que déjà ce système est en usage à l'administration provisoire du chemin de fer de Lyon. Quant au prix d'établissement de ces appareils chronométriques, il est de beaucoup inférieur à celui des horloges qui marchent par suite de

(1) Cette pile, placée dans un tonneau, a fonctionné du 17 septembre au 1er décembre 1847; elle était composée de deux feuilles de cuivre jaune, liées entre elles par une attache soudée à l'étain, et de deux feuilles de zinc interposées entre les feuilles de cuivre, également réunies par une attache. Les intervalles des feuilles métalliques étaient remplis par du sable fin humecté avec une dissolution d'hydrochlorate d'ammoniaque. Le cuivre avait un millimètre et demi d'épaisseur, pesait 16 kil. 50 décag., et présentait une surface de 15,377 millimètres carrés. Le zinc avait un demi-millimètre d'épaisseur, pesait 4 kil. 35 décag., et avait pour surface 13,130 millimètres carrés. Une des horloges s'étant arrêtée par suite de l'affaiblissement du courant, la pile fut démontée.

La surface des feuilles de cuivre était légèrement oxydée jusqu'aux deux tiers de leur largeur, à partir d'en bas; le tiers supérieur l'était d'une manière un peu plus prononcée : néanmoins, vérification faite du poids de ce métal, il se trouva être le même qu'avant d'entrer en fonction.

La feuille de zinc placée entre celles de cuivre, était rongée dans la partie supérieure jusqu'au tiers environ de sa largeur, et un peu plus vers les extrémités. Cette décomposition avait produit une espèce de dentelure à jour dans une grande partie, notamment aux environs de la communication avec le fil conducteur, où il existait plusieurs solutions de continuité auxquelles doit être attribué l'affaiblissement de l'action magnétique des électro-aimants. La feuille du centre était attaquée d'une manière plus uniforme et percée à jour sur plusieurs points. Vérification faite du poids du zinc, sa diminution était de 330 grammes pour un travail constant de soixante-seize jours, soit 4 grammes 6 par jour.

Environ 500 grammes d'hydrochlorate d'ammoniaque, dissous dans de l'eau, ont été employés dans le même espace de temps, pour humecter tous les huit jours le sable qui remplit l'intervalle des feuilles de métal.

transmission de mouvement à l'aide de simples combinaisons mécaniques. — *Voir* les *Bulletins de la société d'encouragement*. 1848.

HORLOGE POLAIRE. — L'horloge polaire est un instrument d'optique destiné à indiquer l'heure par l'observation du plan de polarisation de la lumière du ciel dans la direction du pôle.

Sa construction est fondée sur ce principe découvert par M. Arago, que la lumière en un point quelconque du ciel bleu, est polarisée dans le plan, qui passe par l'œil de l'observateur et le soleil; d'où il résulte que, si l'observateur vise toujours au pôle nord, le plan de polarisation coïncidera à chaque instant avec le cercle horaire du lieu de l'observation.

Dans l'instrument de M. Soleil, la plaque de cristal de roche perpendiculaire à l'axe est remplacée par une plaque à deux rotations donnant le plan de polarisation par l'égalité de teinte. Il est muni d'un cadran perpendiculaire sur lequel on lit l'heure donnée par la trace même du plan de polarisation.

Le polariscope est porté par une colonne verticale montée sur un pied muni de vis callantes d'un niveau et d'un cercle divisé mobile; on peut donc le placer tour à tour dans les divers azimuts; on peut, en outre, à l'aide d'un cercle de latitude fixé à l'axe de rotation, lui faire un angle quelconque avec l'horizon.

Quand on veut en faire une horloge polaire fixe, on oriente l'appareil en amenant le polariscope dans le plan du méridien. L'orientation se fait d'ailleurs par les mêmes procédés, qui servent à orienter un cadran solaire à l'aide d'une boussole de déclinaison, par exemple, d'un chronomètre ou d'une bonne montre. On commence par faire indiquer au cercle de latitude la latitude du lieu; on l'amène approximativement dans le plan du méridien, puis, après avoir fait indiquer au vernier l'heure à laquelle va se faire l'orientation, on tourne doucement à droite ou à gauche, pour obtenir que l'égalité de teintes ait lieu au moment précis où la montre marquera l'heure dont il s'agit.

Le cadran perpendiculaire à l'axe du polariscope est divisé, sur sa moitié supérieure, en douze parties égales représentant douze heures, de six heures du matin à midi, et de midi à six heures du soir. Chacun de ces douze intervalles est divisé en douze parties correspondant à cinq minutes; le vernier, les minutes, ce qui est plus que suffisant pour ce genre d'observations, ne comportent pas une précision plus grande.

L'élévation du pôle rendrait l'observation très-incommode; il faudrait, en effet, percher l'instrument sur un pied très-élevé, ou se mettre dans une position gênante. M. Soleil a fait disparaître cet inconvénient en plaçant à l'extrémité du tube un prisme à hypoténuse qui, par la réflexion totale, renvoie dans une direction perpendiculaire les images des deux disques colorés. Une petite lunette que chacun amène au foyer peut voir les images avec toute la netteté possible.

Pour faire l'observation ou connaître l'heure à un instant quelconque, on tourne à droite ou à gauche le bout fixé au cercle des heures jusqu'à ce que les teintes des deux demi-disques violets soient parfaitement égales; on lit avec le vernier l'heure et la minute cherchées.

Il sera bon d'exécuter, sur l'autre bord du cercle des heures, une autre division en degrés et en minutes, qui servira à déterminer simplement le plan de polarisation d'un point quelconque du ciel. M. Arago fait observer que la construction de l'horloge polaire revient exclusivement à M. Wheatstone. La méthode, indépendamment de l'incertitude inhérente à l'observation des couleurs, est sujette à des difficultés très-grandes, provenant de la manière dont les réflexions multiples modifient les lois simples de la polarisation atmosphérique quand le ciel est partiellement couvert.

A cette occasion, M. Arago rappelle un cas de changement de couleur très-étrange, en ce sens qu'il s'observe sur certains corps par un ciel serein à l'œil nu, sans l'intermédiaire d'aucun cristal. Disposer un de ces corps de manière qu'au coucher du soleil, par exemple, il soit placé entre l'œil et le couchant, ce corps sera vert; il paraît également vert si, sans rien changer aux positions relatives de l'œil et du corps, on se tourne vers le levant; si, au même moment tout restant dans le même état quant à la position et à l'inclinaison du rayon visuel, on regarde ce corps dans la direction du sud et dans celle du nord, il paraîtra d'un rouge vif dans les directions intermédiaires des couleurs du corps, soit des mélanges de rouge et de vert dans lesquels ces deux espèces de rayons prédominent chacun son tour.

HORLOGERIE. — L'Horlogerie est l'art de faire des machines qui mesurent le temps.

L'art de mesurer le temps a dû faire l'objet des recherches des hommes dans les siècles les plus reculés, puisque cette connaissance est nécessaire pour disposer des moments de la vie; cependant il ne paraît pas que les anciens aient eu aucune connaissance de l'horlogerie, à moins que l'on appelle de ce nom l'art de tracer les cadrans solaires, de faire des clepsydres ou sabliers, des horloges d'eau, etc.

Il est vraisemblable que les premiers moyens que l'on a mis en usage pour mesurer le temps, ont été les révolutions journalières du soleil : ainsi le temps, qui s'écoule depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, fit une mesure qui fut appelée un jour; et le temps compris depuis le coucher du soleil jusqu'à son lever, fit la nuit; mais on dut bientôt s'apercevoir qu'une telle mesure était défectueuse, puisque ces sortes de jours étaient plus longs en été qu'en hiver.

Il paraît que l'on se servit ensuite du temps qui s'écoule depuis le point de la plus grande élévation du soleil au-dessus de l'horizon (lequel on nomme midi), jusqu'à son retour

au même point; mais comme les besoins des hommes augmentèrent à mesure qu'ils devinrent plus instruits, cela les obligea à avoir des divisions du temps qui fussent plus petites. Ils divisèrent donc le temps qui s'écoule entre deux midi, c'est-à-dire, une révolution du soleil, en vingt-quatre parties ou heures : de là l'origine des cadrans solaires, dont les heures sont marquées par des lignes.

Voilà en abrégé l'origine de la mesure du temps, par le mouvement du soleil ; or, on voit que cette manière de calculer était sujette à bien des difficultés, car on ne pouvait savoir l'heure pendant la nuit, ni lorsque le soleil était caché par les nuages; c'est ce qui donna lieu à l'invention des clepsydres ou horloges d'eau. Ces horloges, tout imparfaites qu'elles étaient, ont servi jusqu'à la fin du xe siècle, qui est l'époque de l'invention des horloges dont le mouvement est communiqué par des roues dentées, la vitesse réglée par un balancier, l'impulsion donnée aux roues par un poids, et le temps divisé sur un cadran divisé lui-même en douze parties égales au moyen d'une aiguille portée par l'axe d'une roue; cette aiguille fait un tour en douze heures, c'est-à-dire, deux tours depuis le midi d'un jour jusqu'au midi suivant.

Lorsque l'on fut ainsi parvenu à avoir de ces horloges, dont les premières furent placées aux clochers des églises, des ouvriers adroits et intelligents enchérirent sur ces découvertes, en ajoutant à côté de ces horloges un rouage destiné à faire frapper par un marteau sur une cloche les heures indiquées sur le cadran. Grâce à cette addition, on pouvait savoir les heures pendant la nuit sans le secours de la lumière, ce qui devint d'une très-grande utilité pour les monastères; car il fallait, avant cette invention, que les religieux observassent les étoiles pendant la nuit, pour ne pas manquer l'heure du service, sorte de sujétion, fort incommode.

Il y a quelques auteurs qui, sur, un passage de Ditmar, mal interprété, attribuent la première invention des HORLOGES *(voyez ce mot)* à Gerbert, né en Auvergne, d'abord religieux dans l'abbaye de Saint-Gérand d'Aurillac, depuis archevêque de Reims, ensuite archevêque de Ravenne, et enfin Pape, sous le nom de Sylvestre II. Ils prétendent qu'en 996, il fit à Magdebourg, une horloge fameuse, regardée comme un prodige; mais il n'en reste pas le moindre vestige dans cette ville du nord, ni même aucune tradition reconnue authentique par les historiens de ce pays. On trouve ce fait très-savamment discuté à la fin du tome XVI de l'*Histoire littéraire de France*, mise au jour par les PP. Bénédictins, qui concluent que cette prétendue horloge n'était qu'un cadran solaire.

Quoi qu'il en soit, quand on fut parvenu à avoir de ces horloges, on en fit de plus petites pour placer dans les chambres; enfin d'habiles ouvriers firent des horloges portatives, auxquelles on a donné le nom de montres.

C'est à ce temps que remonte l'origine du ressort spiral, dont l'action entretient le mouvement de la machine, et tient lieu du poids dont on se sert pour les horloges, lequel ne peut-être appliqué à une machine portative continuellement exposée à des mouvements, inclinaisons, etc., qui empêcheraient l'action du poids. On fit aussi des montres à sonnerie

C'est proprement à ces découvertes que commence l'horlogerie. La justesse à laquelle on parvint pour mesurer le temps en se servant des horloges et des montres, était infiniment au-dessus de la justesse des sabliers et horloges d'eau; aussi faut-il avouer que c'est une des belles découvertes de ces temps-là; mais elle n'était rien en comparaison de la perfection que l'horlogerie acquit en 1647. Huyghens, grand mathématicien, créa de nouveau cet art par les belles découvertes dont il l'enrichit; je veux parler de l'application qu'il fit du pendule aux horloges, pour en régler le mouvement; et quelques années après, il adapta aux balanciers des montres un ressort spiral, qui produisit sur le balancier le même effet que la pesanteur sur le pendule.

La justesse de ces machines devint si grande par ces deux additions qu'elle surpasse autant celle des anciennes horloges, que celles-ci étaient au-dessus des clepsydres et horloges d'eau.

Huyghens, ayant appliqué le pendule aux horloges, s'aperçut que les vibrations par les grands arcs du pendule étaient d'une plus grande durée que les vibrations par les petits arcs, et que par conséquent l'action du poids sur le pendule venant à diminuer lorsque les frottements des roues seraient augmentés et les huiles épaissies, il arriverait nécessairement que l'horloge avancerait.

Pour parer à cette difficulté, il chercha les moyens de rendre les oscillations du pendule isochrones ou égales en durée, quels que fussent les arcs; pour cet effet, il découvrit par ses recherches la propriété d'une courbe, qu'on appelle la cycloïde; laquelle est telle que, si on laisse tomber un corps de différentes hauteurs de cette courbe, la descente du corps se fait dans le même temps : il appliqua donc à l'endroit où le fil qui suspend le pendule est attaché, deux lames pliées en cycloïde entre lesquelles le fil passait; en sorte qu'à mesure que le pendule décrivait de plus grands arcs, et qu'il devait par conséquent faire l'oscillation en plus de temps, à mesure aussi le pendule s'accourcissait, et son mouvement devenait plus accéléré, tellement que soit que le pendule décrivît de plus grands ou de plus petits arcs, le temps des oscillations était toujours le même.

Quoique le succès n'ait pas répondu à cette théorie, elle n'en est pas moins admirable, et c'est à elle que nous devons la

perfection actuelle de nos pendules; car bien que l'on ne fasse plus usage de la cycloïde, c'est de cette théorie que nous avons appris que les petits arcs de cercle ne diffèrent pas sensiblement des petits arcs cycloïdes; et qu'ainsi, en faisant parcourir de petits arcs au pendule, les temps des vibrations ne changeront qu'infiniment peu, quoique la force motrice change au point d'en doubler l'étendue.

Le pendule circulaire, que l'on appelle *pirouette*, est encore de l'invention de Huyghens. Ce pendule, au lieu de faire ses oscillations dans un même plan, décrit au contraire un cône, et tourne toujours du même côté, y étant obligé par l'action des roues. Ce pendule est tellement composé qu'il peut parcourir de plus grands ou de plus petits arcs, selon que la force motrice agite plus ou moins l'air, ou des bases plus ou moins grandes ou plus petites, selon l'inégalité de la force motrice; mais quoique le pendule décrive ainsi des cônes inégaux, cela ne change point les temps des révolutions du pendule; car, soit que la force motrice soit faible et que la force centrifuge du pendule lui fasse décrire un petit cône, ou soit que la force motrice venant à augmenter, la force centrifuge du pendule lui fasse alors parcourir un plus grand cercle, le temps des révolutions est toujours le même; ce qui dépend de la propriété d'une certaine courbe, sur laquelle s'applique le fil qui porte le pendule.

Cet isochronisme des révolutions du pendule est fondé sur une théorie admirable, ainsi que celle de la cycloïde; et, quoique l'on ne fasse usage de l'une ni de l'autre méthode, on ne doit pas moins essayer d'en suivre l'esprit dans les machines qui mesurent le temps, toute leur justesse ne pouvant être fondée que sur l'isochronisme des vibrations du régulateur quel qu'il soit. Ces inventions furent contestées à Huyghens, comme il le dit lui-même au commencement de son livre intitulé *De horologio oscillatorio*. Voici ses propres paroles : « Personne ne peut nier qu'il y a seize ans, on n'avait, soit par écrit, soit par tradition, aucune connaissance de l'application du pendule aux horloges, encore moins de la cycloïde, dont je ne sache pas que personne me conteste l'addition. Or, il y a seize ans actuellement (en 1658) que j'ai publié un ouvrage sur cette matière, dont la date de l'impression diffère de sept années de celle des écrits où cette invention est attribuée à d'autres. Quant à ceux qui cherchent à en attribuer l'honneur à Galilée, les uns disent qu'il paraît que ce grand homme avait tourné ses recherches de ce côté; mais ils font plus, ce me semble, pour moi que pour lui, en avouant tacitement qu'il a été moins heureux que moi dans ses recherches. D'autres vont plus loin, et prétendent que Galilée, ou son fils, a effectivement appliqué le pendule aux horloges; mais quelle vraisemblance qu'une découverte aussi utile, non seulement n'ait point été publiée dans le temps même où elle a été faite, mais qu'on ait attendu, pour la revendiquer, huit ans après la publication de mon ouvrage? Dira-t-on que Galilée pouvait avoir quelque raison particulière pour garder le silence pendant quelque temps? Dans ce cas, il n'est point de découverte qu'on ne puisse contester à son auteur. »

L'application de la cycloïde aux horloges, tout admirable qu'elle est dans la théorie, n'a pas eu le succès que Huyghens s'en était promis; on peut en accuser sans doute la difficulté de tracer exactement une telle courbe; mais la principale cause dépend de ce qu'elle exigeait que le pendule fût suspendu par un fil flexible; or ce fil était soumis aux effets de l'humidité et de la sécheresse; et d'ailleurs il ne pouvait supporter qu'une lentille légère, qui, parcourant de grands arcs, éprouvait une forte résistance de la part de l'air, ses surfaces étant d'autant plus grandes que les corps sont plus petits. Or, cette lentille, par cela même, faisait varier l'horloge, et d'autant plus que la force motrice, ou le poids qui entretient le mouvement de la machine, devenait plus grand, ce qui produisait des frottements.

D'ailleurs, toute la théorie de la cycloïde reposait sur les oscillations du pendule libre, c'est-à-dire, qui fait ses oscillations indépendamment de l'action réitérée d'un rouage. Or, tel pendule ne peut servir que pendant quelques heures à mesurer le temps; et lorsqu'il est appliqué à l'horloge, ses oscillations sont troublées par la pression de l'échappement qui en entretient le mouvement; en sorte que, selon la nature de l'échappement, c'est-à-dire, selon que l'échappement est à repos ou à recul, les oscillations se font plus vite ou plus lentement, comme nous le ferons voir. Aussi a-t-on renoncé à la cycloïde, qui a cependant contribué au grand perfectionnement des horloges à pendule, en nous apprenant, comme on l'a déjà observé ci-dessus, que les petits arcs de cercle ne diffèrent pas sensiblement des petites portions de la cycloïde; en sorte qu'en faisant décrire au pendule des petits arcs les oscillations isochrones, quoique les arcs décrits par le pendule vinssent à augmenter ou à diminuer par le changement de la force motrice.

Le docteur Hook fut le premier en Angleterre qui fit usage des petits arcs; ce qui donna la facilité d'employer en même temps les lentilles pesantes.

A la même époque, Clément, horloger de Londres, fabriqua des pendules qui décrivaient de petits arcs avec des lentilles pesantes. Ce principe a été suivi depuis lors par tous les horlogers qui aiment à faire de bonnes machines. M. Le Bon, à Paris, a été un des premiers à l'appliquer; il fit même des lentilles pesant environ 30 à 60 livres; c'est ce système qu'a suivi de nos jours M. Rivaz.

On peut juger de la perfection où l'on a porté la construction et l'exécution des

pendules astronomiques parce qu'elles étaient lorsque Huyghens les imagina. Les premières horloges à pendule qui furent faites sur ces principes allaient à 30 heures avec un poids de six livres, dont la descente était de cinq pieds; et « je viens d'en terminer une, dit M. F. Berthoud, qui va un an avec un poids qui pèse deux livres, et dont la descente est de cinq pieds. » Au reste cette perfection, que l'horlogerie a acquise, n'a rien changé aux principes, même depuis cent ans; ainsi le pendule est encore le meilleur régulateur des horloges, qu'on nomme aussi pendules, et le balancier gouverné par le spiral est le meilleur régulateur des montres.

Jusqu'à Huyghens, l'horlogerie pouvait être considérée comme un art mécanique qui n'exigeait que la main d'œuvre; mais l'application qu'il fit de la géométrie et de la mécanique à ses découvertes, ont fait de cet art une science où la main-d'œuvre n'est plus que l'accessoire, et dont la partie principale est la théorie du mouvement des corps, qui comprend ce que la géométrie, le calcul, la mécanique et la physique ont de plus sublime. La grande précision avec laquelle le pendule divise le temps facilita et donna lieu à de bonnes observations, ce qui fit appliquer de nouvelles divisions aux machines qui mesurent le temps. On divisa donc la 24e partie du jour, c'est-à-dire, l'heure, en 60 parties qu'on appelle minutes; la minute, en 60 parties, que l'on nomme secondes; et la seconde en 60 parties que l'on nomme tierces, etc. Ainsi la révolution journalière du soleil, d'abord divisée en vingt-quatre parties, l'est maintenant en 86,400 secondes qu'on peut compter. On commença de faire, d'après ces divisions, des horloges ou pendules qui marquèrent les minutes et les secondes; pour cet effet, on disposa ces machines de manière que, tandis que la roue qui porte l'aiguille des heures fait un tour par heure, celle-ci porte une aiguille qui marque les minutes sur un cercle du cadran qui est divisé en 60 parties, dont chacune répond à une minute, et les 60 divisions à une heure. Enfin, pour faire marquer les secondes on disposa la machine de manière qu'une de ses roues fît un tour en une minute: l'axe de cette roue porte une aiguille qui marque les secondes sur un cercle divisé en 60 parties, dont chacune répond à une seconde, et les 60 à une minute; on ajouta de même ces sortes de divisions aux montres.

Dès que l'on fut ainsi parvenu à avoir des machines propres à diviser et à marquer exactement les parties du temps, les artistes horlogers imaginèrent à l'envi différents mécanismes, comme les pendules à réveil, celles qui marquent les quantièmes du mois, les jours de la semaine, les années, les quantièmes et phases de la lune, le lever et le coucher du soleil, les années bissextiles.

Parmi toutes les additions que l'on a faites aux PENDULES et aux MONTRES (*Voy. ces mots*), il y en a entre autres deux qui sont très-ingénieuses et utiles: la première est la ***répétition***, cette machine, soit montre ou pendule, au moyen de laquelle on sait les heures et les quarts à tous les moments du jour et de la nuit; la seconde est la ***pendule*** ou ***montre à équation***. Pour connaître le mérite de ces sortes d'ouvrages, il faut savoir que les astronomes ont découvert, après bien des observations, que les révolutions journalières du soleil ne se font pas tous les jours dans le même temps, c'est-à-dire, que le temps compris du midi actuel au midi suivant, n'est pas toujours le même, mais qu'il est plus grand dans certains jours de l'année, et plus court dans d'autres. Le temps mesuré par les pendules étant uniforme de sa nature, il arrive que ces machines ne peuvent suivre naturellement les écarts du soleil. On a donc imaginé un mécanisme qui est tel, que, tandis que l'aiguille des minutes tourne d'un mouvement uniforme, une seconde aiguille, celle des minutes, suit les variations du soleil. Enfin, les plus belles machines que l'horlogerie ait produites jusqu'ici sont les ***sphères mouvantes*** et les ***planisphères***.

On appelle ***sphère mouvante***, une machine disposée de telle sorte, qu'elle indique à chaque moment la situation des planètes dans le ciel, le lieu du soleil, le mouvement de la lune, les éclipses; en un mot, elle représente en petit le système de notre monde. Ainsi, d'après le dernier système reçu par les astronomes, on place le soleil au centre de cette machine qui représente la sphère du monde. Autour du soleil tourne Mercure; ensuite sur un plus grand cercle on voit Vénus, puis la Terre avec la Lune; après elle Mars; ensuite Jupiter avec ses quatre satellites; et enfin Saturne avec ses cinq satellites ou petites lunes: chaque planète est portée par un cercle concentrique au soleil: ces différents cercles sont mis en mouvement par des roues de l'horloge, lesquelles sont cachées dans l'intérieur de la machine. Chaque planète emploie parfaitement dans la machine le temps de la révolution que les astronomes ont déterminé; ainsi Mercure tourne autour du soleil en 88 jours; Vénus, en 224 jours, 7 heures; la Terre, en 365 jours, 5 heures, 49 minutes, 12 secondes; Mars, en 1 an, 321 jours, 18 heures; Jupiter, en 11 ans, 316 jours; et Saturne, en 29 ans, 155 jours, 18 heures.

La sphère mouvante n'est pas d'invention moderne, puisque Archimède, qui vivait il y a deux mille ans, en avait fait une qui figurait les mouvements des astres. On a fait, dans ces derniers temps, plusieurs sphères mouvantes; mais la plus parfaite dont on ait connaissance est celle qui est placée à Versailles, laquelle a été calculée par M. Passement, et exécutée par d'Authiau. On a aussi composé des pendules qui marquent et indiquent le mouvement des planètes, comme le fait la sphère; mais avec cette différence que, dans les machines nommées ***planisphères***, les révolutions des planètes sont marquées sur un même plan, par

des ouvertures faites au cadran sous lequel tournent les roues qui représentent les mouvements célestes. On a ainsi enrichi l'horlogerie d'un grand nombre d'inventions, qu'il serait trop long de rapporter ici. On peut consulter les ouvrages d'horlogerie, comme le traité de M. Thiout, du P. Alexandre, et de M. Lepaute; on trouvera, surtout dans le livre de M. Thiout, un grand nombre de machines très-ingénieusement imaginées pour parvenir à exécuter aisément toutes les parties de main-d'œuvre; il y a d'ailleurs toutes sortes de pièces : cet ouvrage est proprement un recueil des machines d'horlogerie.

On voit, par ce qui précède, une partie des objets que l'horlogerie embrasse; on peut juger par leur étendue combien il faut réunir de connaissances pour posséder cette science. L'horlogerie étant la science du mouvement, cet art exige que ceux qui le professent connaissent les lois du mouvement des corps; qu'ils soient bons géomètres, mécaniciens, physiciens; qu'ils possèdent le calcul, et soient nés non-seulement avec le génie propre à saisir l'esprit des principes, mais encore avec le talent de les appliquer. Nous n'entendons pas ici par horlogerie ces montres et ces pendules faites par des hommes routiniers qui ignorent les premiers principes de leur art; mais nous appelons horlogerie celle qui repose sur les principes, et les lois du mouvement, celle pour laquelle on emploie les moyens les plus simples et les plus solides; c'est l'ouvrage de l'homme de génie.

Lors donc que l'on voudra former un artiste horloger qui puisse devenir célèbre, il faut d'abord étudier ses dispositions naturelles, et lui apprendre ensuite la mécanique, etc. Nous allons donner un aperçu de ce qui nous paraît devoir lui servir de guide.

On lui fera voir quelques machines dont on lui expliquera les effets : comment, par exemple, on mesure le temps; comment les roues agissent les unes sur les autres; comment on multiplie les nombres de leurs révolutions; d'après ces premières notions, on lui fera sentir la nécessité de savoir le calcul pour trouver les révolutions de chaque roue; d'être géomètre, pour déterminer les courbures des dents; mécanicien, pour trouver les forces nécessaires à la machine pour la faire mouvoir; et artiste, pour appliquer les principes et les règles que ces sciences prescrivent : on lui fera étudier en même temps les machines et les sciences qu'il devra connaître, en se rappelant que dans ces connaissances la main-d'œuvre n'entre que comme accessoire. Quand il sera question des régulateurs des pendules et des montres, il faudra lui en expliquer en gros les propriétés générales; lui dire comment on peut parvenir à les construire tels, qu'ils donnent la plus grande justesse, de quoi cela dépend; on insistera sur la nécessité de savoir le moyen d'arriver à la plus grande justesse possible; sur l'étude des frottements de l'air. On lui apprendra aussi comment on peut réduire cette résistance à sa plus simple expression; on lui fera connaître le frottement qui résulte du mouvement des corps qui se meuvent les uns sur les autres; quels effets en résultent pour les machines; la manière de réduire ces frottements à la moindre quantité possible; on lui fera remarquer les différentes propriétés des métaux; les effets de la chaleur; comment elle tend à les dilater, et le froid à les condenser; l'obstacle qui en résulte pour la justesse des machines qui mesurent le temps; les moyens de prévenir les écarts qu'ils occasionnent; l'utilité de la physique pour ces différentes connaissances. Après l'avoir ainsi amené par gradations, on lui donnera une notion des machines qui imitent les effets des planètes. En lui faisant remarquer la beauté de ces machines, on lui parlera de la nécessité d'avoir quelques notions d'astronomie. C'est ainsi que les machines mêmes serviront à lui faire aimer cet art, que les sciences qu'il apprendra lui paraîtront d'autant moins pénibles, qu'il en sentira le besoin pour pouvoir exécuter ses machines, d'après les règles prescrites par la théorie.

Quant à l'exécution, il paraît convenable qu'il commence par les pendules, qui sont plus faciles à cause de la grandeur des pièces, qui offrent en outre l'avantage de toutes sortes d'effets et de compositions. La grande variété accoutume aussi l'esprit à voir les machines en grand; d'ailleurs, quant à la pratique même, il y a certaines précisions que l'on n'observe que dans la pendule, et qui pourraient cependant s'appliquer aux montres. Pour lui donner, par exemple, une idée générale de la mécanique des pendules à poids, et de celles à ressort, on lui dira que pour concevoir les divers effets d'une horloge qui mesure le temps, il n'y a qu'à supposer, comme l'observe M. Berthoud, que n'ayant aucune notion d'une machine propre à mesurer le temps, on cherche à en composer une.

On prend alors un poids que l'on attache à une verge; on suspend ce pendule par un fil; les vibrations qu'il fait lorsqu'on l'a écarté de la verticale servent à mesurer le temps. Mais comme il faudrait compter tous les battements ou vibrations, on imagine un compteur placé auprès de ce pendule; au moyen d'une roue dentée portant une aiguille, on opère l'effet, en entourant l'axe de cette roue d'une corde, à laquelle on suspend un poids. Cette roue entraînée par le poids communique avec une pièce à deux bras assujettie à ce pendule, de sorte qu'à chaque vibration du pendule, la roue, entraînée par le poids, avance d'une dent, et la roue restitue en même temps au pendule la force que la résistance de l'air et la suspension lui font perdre à chaque vibration; c'est ce qui forme l'échappement de la machine dont le pendule est le régulateur, le poids le moteur ou agent, et la roue le compteur, parce que son axe porte une aiguille

qui marque les parties du temps sur un cercle gradué.

Ces premiers effets bien conçus, on aura une idée générale de toutes les machines qui mesurent le temps, car quelle que soit leur construction, elles se rapportent toutes aux mêmes principes.

L'art parvenu jusque-là, ne procure encore qu'une pendule qui demande à être parfaitement fixe, et qui n'est point portative. Que de difficultés n'a-t-on pas eu à surmonter pour parvenir à faire des montres? Pour construire une horloge portative, il a fallu substituer un autre moteur que le poids et un autre régulateur que le pendule. Pour moteur on y a mis un ressort d'acier plié en spirale, et pour régulateur un balancier. Ce ressort spiral, qu'on a ajouté aux montres portatives, et qui assure la régularité du mouvement par des vibrations toujours égales, est de l'invention de l'ingénieux abbé d'Hautefeuille, d'Orléans. Afin de se former une idée bien nette de ces ingénieuses machines, il n'y a qu'à supposer, ainsi que nous l'avons fait pour les horloges à pendule, continue M. Berthoud, que l'on n'a jamais vu de montre, et qu'on cherche les moyens d'en construire une qui ne soit pas susceptible de dérangement par les agitations qu'elle éprouve lorsqu'on la porte sur soi. A cet effet, il n'y a qu'à s'imaginer que, sur un axe terminé par deux pivots, est attaché un anneau circulaire, également pesant dans toutes les parties de sa circonférence; cet anneau, que l'on nomme *balancier* (supposé placé dans une cage, dans les trous de laquelle roulent les pivots de son axe), a la propriété de continuer le mouvement qu'on lui a imprimé, sans que les cahots le troublent sensiblement. Ce balancier devient le régulateur qui sert à modérer la vitesse des roues de la machine portative; car, en attachant sur l'axe du balancier deux bras qui communiquent à une roue entraînée par un agent qui a la propriété d'agir, quelle que soit la position de la machine (cet agent est le ressort plié en spirale); ces bras de l'axe du balancier formeront avec cette roue un échappement qui fera faire des vibrations au balancier. Cette roue marquera les parties du temps divisé par le balancier.

Il est à propos de faire observer que, dans les horloges à poids, la force motrice ne doit être que suffisante pour restituer au pendule (d'abord mis en mouvement) celle que le frottement de l'air et la suspension lui font perdre; mais dans les montres, la force motrice doit être capable de donner le mouvement au régulateur, sans quoi la montre pourrait être arrêtée par certaines secousses. Tels sont les éléments de la mécanique des pendules à poids et de celles à ressorts.

Ainsi, parvenu à l'intelligence des machines, le jeune artiste aura des idées nettes de leurs principes; et, possédant l'exécution, il passera aisément à la pratique des montres, et d'autant mieux que le même esprit qui sert à composer et exécuter les pendules est également appliquable aux montres, qui ne sont en petit que ce que les pendules sont en grand. Au reste, comme on ne parvient que par gradations à acquérir des lumières pour la théorie, de même la main ne se forme que par l'usage; mais cela se fait d'autant plus vite, que l'on a mieux dans la tête ce que l'on veut exécuter; c'est pour cette raison que je conseille de commencer par l'étude de la science avant d'en venir à la main-d'œuvre, ou tout au moins de les faire marcher de pair.

Il est essentiel d'étudier les principes de l'art et de s'accoutumer à exécuter avec précision; mais cela ne suffit pas encore. On ne possède pas l'horlogerie pour en avoir les connaissances générales. Ces règles que l'on apprend sont appliquables dans une machine actuellement existante ou dans d'autres qui seraient pareilles; mais imaginer des moyens qui n'ont pas été mis en usage, et composer de nouvelles machines, c'est à quoi ne parviendront jamais ceux qui ne possèdent que les règles, et qui ne sont pas doués de cet heureux génie que la nature seule donne; ce talent ne s'acquiert pas par l'étude, elle ne fait que le perfectionner et l'aider à se développer. Lorsqu'on joint ce don de la nature à celui des sciences, on ne peut composer que de très-bonnes choses.

On voit, d'après ce tableau, que, pour posséder l'horlogerie, il faut avoir la théorie de cette science, l'art d'exécuter et le talent de composer : trois choses qui ne sont pas faciles à réunir dans la même personne, et d'autant moins que jusqu'ici on a regardé l'exécution des pièces d'horlogerie comme la partie principale, tandis qu'elle n'est que la dernière. Cela est si vrai, que la montre ou la pendule la mieux exécutée fera de très-grands écarts si elle n'est pas construite sur de bons principes, tandis qu'étant médiocrement exécutée, elle ira fort bien si les principes sont bons.

Je ne prétends pas qu'on doive négliger la main-d'œuvre : au contraire; mais, persuadé qu'elle ne doit être qu'en sous-ordre, et que l'homme qui exécute ne doit marcher qu'après l'homme qui imagine, je souhaite qu'on apprécie le mérite de la main et celui du génie chacun à sa valeur, et je crois être d'autant plus en droit de le dire, que je ne crains pas que l'on me soupçonne de dépriser ce que je ne possède pas. J'ai fait mes preuves en montres et en pendules, et en des parties difficiles. En tout cas, je puis convaincre les plus incrédules par les faits.

Je crois devoir d'autant plus insister sur cela, que, la plupart des personnes qui se mêlent de l'horlogerie, sont fort éloignées de penser qu'il faille savoir autre chose que tourner et limer. Ce n'est pas de leur faute; leur préjugé naît uniquement de la manière dont on forme les élèves. On place un enfant chez un horloger pour y demeurer huit ans et s'occuper à faire des commissions et à ébaucher quelques pièces d'horlogerie. S'il parvient au bout de ce temps à faire un mouvement, il est supposé fort ha

bile. Il ignore cependant fort souvent l'ouvrage qu'il a fait; il se présente avec son savoir à la maîtrise; il fait lui-même ou fait exécuter par un autre le chef-d'œuvre qui lui est prescrit, est reçu maître, prend boutique, vend des montres et des pendules, et se dit horloger. On peut donc regarder comme un miracle si un homme ainsi conduit devient jamais habile.

On appelle communément horlogers ceux qui professent l'horlogerie. Mais il est à propos de distinguer l'horloger, comme on l'entend ici, de l'artiste qui possède les principes de l'art : ce sont deux personnes absolument différentes.

Le premier pratique en général l'horlogerie sans en savoir les premières notions, et se dit horloger parce qu'il travaille une partie de cet art.

Le second embrasse au contraire cette science dans toute son étendue : on pourrait l'appeler l'architecte mécanique; un tel artiste ne s'occupe pas d'une seule partie : il fait les plans des montres et des pendules ou autres machines qu'il veut construire; il détermine la position de chaque pièce, leurs directions, les forces qu'il faut employer, toutes les dimensions : en un mot, il construit l'édifice; et quant à l'exécution, il fait choix des ouvriers qui sont capables d'en exécuter chaque partie.

L'horlogerie ne se borne pas uniquement aux machines qui mesurent le temps; cet art étant la science du mouvement, on voit que tout ce qui concerne une machine quelconque peut être de son ressort. Ainsi, de la perfection de cet art dépend celle des différentes machines et instruments, comme, par exemple, les instruments propres à l'astronomie et à la navigation, les instruments de mathématiques, les machines propres à faire des expériences de physique, etc.

Le célèbre Graham, horloger de Londres, membre de la Société royale de cette ville, n'a pas peu contribué à la perfection des instruments d'astronomie, et les connaissances qu'il possédait dans les différents genres dont nous avons parlé prouvent bien que la science de l'horlogerie les exige toutes. Il est vrai qu'il faut pour cela des génies supérieurs; mais pour les faire naître, il ne faut qu'exciter l'émulation et mettre en honneur les artistes.

Nous distinguerons trois sortes de personnes qui travaillent et se mêlent de travailler à l'horlogerie : les premiers, dont le nombre est le plus considérable, sont ceux qui ont pris cet état sans goût, sans disposition ni talent, et qui le professent sans application et sans chercher à sortir de leur ignorance; ils travaillent simplement pour gagner de l'argent, le hasard ayant décidé du choix de leur état. Les seconds sont ceux qui, par une envie de s'élever fort louable, cherchent à acquérir quelques connaissances des principes de l'art, mais aux efforts desquels la nature ingrate se refuse. Enfin le petit nombre renferme ces artistes intelligents qui, nés avec des dispositions particulières, ont l'amour du travail de l'art, et s'appliquent à découvrir de nouveaux principes et à approfondir ceux qui ont été déjà trouvés.

Pour être un artiste de ce genre, il ne suffit pas d'avoir un peu de théorie et quelques principes généraux des mécaniques, et d'y joindre l'habitude de travailler : il faut de plus une disposition particulière donnée par la nature. Cette disposition seule tient lieu de tout. Lorsqu'on est né avec elle, on ne tarde pas à acquérir les autres parties : si l'on veut faire usage de ce don précieux, on acquiert bientôt la pratique; et un tel artiste n'exécute rien dont il ne sente les effets ou qu'il ne cherche à analyser : enfin, rien n'échappe à ses observations. Et quel chemin ne fait-il pas dans son art, s'il joint aux dispositions l'étude de ce que l'on a découvert jusqu'à lui?

Il est sans doute rare de trouver des génies heureux qui réunissent toutes ces parties nécessaires; mais on en trouve qui ont toutes les dispositions naturelles; il ne leur manque que d'en faire l'application, qu'ils feraient sans doute, s'ils avaient plus de motifs pour les porter à se livrer tout entiers à leur art. Il faudrait, pour rendre un service essentiel à l'horlogerie et à la société, que ceux qui sont horlogers évincent ceux qui ne sont que des ouvriers ou des charlatans. Il faudrait enfin confier l'administration du corps de l'horlogerie aux plus intelligents, en faciliter l'entrée à ceux qui ont du talent, et la fermer à ces misérables ouvriers qui ne peuvent que retarder les progrès de l'art qu'ils tendent même à détruire.

S'il est nécessaire de partir d'après des principes de mécanique pour composer des pièces d'horlogerie, il est à propos de les vérifier par des expériences; car, quoique ces principes soient fort invariables, comme ils sont compliqués et appliqués à de très-petites machines, il en résulte des effets différents et assez difficiles à analyser. Nous ferons observer que, par rapport aux expériences, il y a deux manières de les faire. Les premières sont faites par des gens sans intelligence, qui ne font des essais que pour s'éviter la peine de rechercher par une étude, une analyse pénibles, que souvent ils ne soupçonnent pas, l'effet qui résultera d'un mécanisme composé sans règle, sans principes et sans vue; ce sont des aveugles qui se conduisent par le tâtonnement à l'aide d'un bâton.

La seconde classe des personnes qui font des expériences est composée des artistes instruits des principes des machines, des lois du mouvement, des diverses actions des corps les uns sur les autres, et qui, doués d'un génie qui sait décomposer les effets les plus délicats d'une machine, voient par l'esprit tout ce qui doit résulter de telle ou telle combinaison, peuvent la calculer d'avance, la construire de la manière la plus avantageuse, en sorte que, s'ils font des expériences, c'est moins pour apprendre ce qui doit arriver, que pour confirmer les principes

qu'ils ont établis, et les effets qu'ils avaient analysés. J'avoue qu'une telle manière de voir est très-pénible, et qu'il faut être doué d'un génie particulier; aussi appartient-il à peu de personnes de faire des expériences utiles et qui aient un but marqué.

L'horlogerie livrée à elle-même, sans encouragement, sans distinction, sans récompense, s'est élevée, par sa propre force, au point où nous la voyons aujourd'hui. Cela ne peut être attribué qu'à l'heureuse disposition de quelques artistes qui, aimant assez leur art pour en rechercher la perfection, ont excité entre eux une émulation qui a produit des effets aussi profitables que si on les eût encouragés par des récompenses.

Le germe de cet esprit d'émulation est dû aux artistes anglais que l'on fit venir en France du temps de la Régence, entre autres, à Sully, le plus habile de ceux qui s'établirent ici, principalement connu par un excellent *Traité d'Horlogerie* intitulé : *La règle artificielle du temps.*

Julien Leroy, élève de Le Bon, habile horloger, était fort lié avec Sully : il profita de ses lumières. Cela joint à son mérite personnel, lui valut la réputation dont il a joui. Celui-ci eut des émules, entre autres Enderlin, qui était doué d'un grand génie pour les mécaniques, ce que l'on peut voir par ce qui nous reste de lui dans le *Traité d'horlogerie* de M. Thiout. On ne doit pas oublier feu Jean-Baptiste Dutertre, fort habile horloger, Gaudron, Pierre Leroy, Thiout l'aîné, dont le traité d'horlogerie fait l'éloge.

Nous ne devons pas oublier M. de Romilly, connu par des ouvrages du plus grand mérite, à qui l'on doit plusieurs bons articles du traité d'horlogerie dans l'*Encyclopédie;* M. Ferdinand Berthoud, savant et ingénieux horloger, dont les écrits et les inventions dans son art sont également recommandables, et qui a aussi fourni d'excellents articles dans cet ouvrage; M. le Paut, dont on a un beau *Traité d'Horlogerie* et grand nombre de superbes et d'excellents ouvrages; M. Gaslonde, M. de l'Epine, et tant d'autres célèbres artistes qui font honneur à la France par leurs découvertes et par leurs productions.

Nous devons à ces premiers artistes grand nombre de recherches, et surtout la perfection de la main-d'œuvre; car, par rapport à la théorie et aux principes de l'art de la mesure du temps, ils n'en ont aucunement traité. Il n'est pas étonnant que l'on ait encore écrit de nos jours beaucoup d'absurdités; le seul ouvrage où il y ait des principes est le mémoire de M. Rivaz, en réponse à un assez mauvais écrit anonyme contre ses découvertes. Nous devons à ce mémoire et à ces disputes l'esprit d'émulation qui a animé nos artistes modernes. Il serait à souhaiter que M. Rivaz eût suivi lui-même l'horlogerie. Ses connaissances en mécanique auraient beaucoup servi à perfectionner cet art.

Il faut convenir que ces artistes, qui ont enrichi l'horlogerie, méritent tous nos éloges, puisque leurs travaux pénibles n'ont eu pour objet que la perfection de l'art, pour laquelle ils ont sacrifié leur fortune ; car il est bon d'observer qu'il n'en est pas de l'horlogerie comme des autres arts, tels que la peinture. Dans ceux-ci, l'artiste qui excelle est non-seulement encouragé et récompensé; mais, comme beaucoup de personnes sont en état de juger de ses productions, la réputation et la fortune suivent ordinairement le mérite. Un excellent artiste horloger peut au contraire passer sa vie dans l'obscurité, tandis que des plagiaires, des charlatans et des marchands ouvriers, jouiront de la fortune et des encouragements dus au mérite : car le nom qu'on se fait dans le monde porte moins sur le mérite réel de l'ouvrage que sur la manière dont il est annoncé.

C'est à l'esprit d'émulation dont nous venons de parler que la Société des arts, formée sous la protection de M. le comte de Clermont, dut son origine. On ne peut que regretter qu'un établissement qui aurait pu être fort utile au public ait été de si courte durée; on a cependant vu sortir de cette société de très-bons sujets qui ont illustré l'Académie des sciences, et différents mémoires sur l'horlogerie. De concert avec plusieurs habiles horlogers, nous avions formé le projet de cette espèce d'académie et l'avions proposé à feu M. Julien Leroy, Thiout, Romilly et quelques autres horlogers célèbres. Tous auraient fort désiré qu'il réussît; mais un d'eux me dit formellement qu'il ne voulait pas en être si un tel en était. Cette petitesse me fit concevoir la cause de la chute de la Société des arts, et désespérer de la rétablir, à moins que le ministère ne favorisât cet établissement par des récompenses qui serviraient à dissiper ces basses jalousies.

On me permettra de parler ici de quelques-uns des avantages d'une société ou académie d'horlogerie.

Quoique l'horlogerie soit maintenant portée à un très-grand point de perfection, sa position est cependant critique; car, si d'un côté elle est parvenue à un degré de perfection fort au-dessus de l'horlogerie anglaise, par le seul amour de quelques artistes, de l'autre, elle est près de retomber dans l'oubli.

Le peu d'ordre que l'on peut observer pour ceux que l'on reçoit; et, plus que tout cela, le commerce qu'en font des marchands, des ouvriers sans droits ni talents, des domestiques et autres gens intrigants qui trompent le public par de faux noms, ce qui avilit cet art : toutes ces choses ôtent sensiblement la confiance que l'on avait aux artistes célèbres, lesquels, enfin, découragés et entraînés par le torrent, seront obligés de faire comme les autres : cesser d'être artistes pour devenir marchands.

L'horlogerie, dans son origine en France, paraissait un objet trop faible pour mériter l'attention du gouvernement; on ne prévoyait pas encore que cela pût former dans

la suite une branche de commerce aussi considérable qu'elle l'est devenue de nos jours; de sorte qu'il n'est pas étonnant qu'elle ait été abandonnée à elle-même : mais aujourd'hui elle est absolument différente; elle a acquis un très-grand degré de perfection; nous possédons au plus haut degré l'art d'orner avec goût nos boîtes de pendules et de montres, dont la décoration est fort au-dessus de celle des étrangers qui veulent nous imiter : il ne faut donc plus envisager l'horlogerie comme un art seulement utile pour nous-mêmes; il faut de plus le considérer relativement au commerce qu'on en peut faire avec l'étranger.

Nous joindrons ici la description d'un des instruments les plus anciennement employés pour mesurer le temps : la *clepsydre*.

La *clepsydre* est une espèce d'horloge d'eau, ou vase de verre qui sert à mesurer le temps par la chute d'une certaine quantité d'eau.

Il y a aussi des clepsydres de mercure.

Les Egyptiens se servaient des clepsydres pour mesurer le cours du soleil.

Ticho-Brahé en a fait usage de nos jours pour mesurer le mouvement des étoiles, et Dudley dans les observations qu'il a faites à la mer.

Les clepsydres ont été, dit-on, inventées en Egypte sous le règne des Ptolémées; elles étaient fort utiles en hiver, les cadrans solaires étant plus d'usage en été.

Ces machines ont deux grands défauts : l'un, que l'eau coule avec plus ou moins de facilité, selon que l'air est plus ou moins dense; l'autre, que l'eau s'écoule plus promptement au commencement qu'à la fin.

M. Amontons a proposé une clepsydre qui n'est sujette, selon lui, à aucun de ces deux inconvénients, et qui a l'avantage de servir d'horloge comme les clepsydres ordinaires, de servir en mer à la découverte des longitudes, et de mesurer le mouvement des astres; mais cette clepsydre n'a point été adoptée.

Construction d'une clepsydre. — Il faut diviser un vaisseau cylindrique en parties qui puissent se vider dans les divisions de temps marquées; les temps dans lesquels le vaisseau total et chaque partie doivent se vider étant donnés.

Supposons, par exemple, un vaisseau cylindrique tel, que toute l'eau qu'il contient doive se vider en douze heures, et qu'il faille diviser en parties dont chacune mette une heure à se vider.

1° Dites : comme la partie du temps 1 est au temps 12, ainsi le même 12 est à une 4e proportion 144.

2° Divisez la hauteur du vaisseau en 144 parties égales, et la partie supérieure tombera dans la dernière heure, les trois suivantes dans l'avant-dernière, les cinq voisines dans la dixième, etc.; enfin les vingt-trois d'en bas dans la première heure. Car, puisque les temps croissent suivant la série des nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, etc., et que les hauteurs sont en raison des carrés des nombres impairs 1, 3, 5, 7 9, etc., pris dans un ordre rétrograde depuis la douzième heure, les hauteurs comptées depuis la douzième seront comme les carrés des temps 1, 4, 9, 16, 25, etc. : d'où il suit que le carré 144 du nombre de divisions du temps doit être égal au nombre de parties de la hauteur du vaisseau qui doit se vider. Or la liqueur descend d'un mouvement retardé, et l'expérience prouve qu'un fluide qui s'échappe d'un vase cylindrique a une vitesse qui est à peu près comme la racine carrée de la hauteur du fluide; de sorte que les espaces qu'il parcourt en temps égaux décroissent comme les nombres impairs.

M. Varignon a généralisé ce problème suivant sa coutume, et a donné la méthode de diviser ou graduer une clepsydre de figure quelconque, en sorte que les parties du fluide contenu entre les divisions s'écoulent dans des temps donnés.

L'Académie des sciences de Paris proposa les lois du mouvement des clepsydres pour le sujet de l'année 1725. Le prix fut remporté par M. Daniel Bernouilli, et sa pièce est imprimée dans le Recueil des prix de l'Académie. Quoiqu'elle soit fort ingénieuse, l'Académie avertit, dans une espèce de programme qui est à la tête, qu'il lui a paru que la question proposée n'avait pas encore été suffisamment approfondie.

Une des grandes difficultés qu'on rencontre dans la théorie des clepsydres, c'est de déterminer avec exactitude la vitesse du fluide qui sort par le trou de la clepsydre.

Lorsque le fluide est en mouvement et qu'il est encore à une certaine hauteur, cette vitesse est à peu près égale à celle que ce même fluide aurait acquise en tombant, par sa pesanteur, d'une hauteur égale à celle du fluide. Mais, lorsque le fluide commence à se mouvoir, ou lorsqu'il est fort peu élevé au-dessus du trou, cette loi n'a pas lieu, et devient extrêmement fautive.

D'ailleurs, il ne suffit pas, comme on le pourrait penser d'abord, de connaître à chaque instant la vitesse du fluide, et le frottement contre les parois du verre; les particules du fluide ne sortent point du vase suivant des directions parallèles.

Newton a observé que ces particules ont des directions convergentes, et que la veine du fluide qui sort va en diminuant de grosseur jusqu'à une certaine distance de l'ouverture, distance qui est d'autant plus grande que la vitesse elle-même l'est davantage.

De là il suit que, pour trouver la quantité de fluide qui sort à chaque instant, il ne faut pas prendre le produit de la grandeur de l'ouverture par la vitesse du fluide, mais le produit de la vitesse du fluide dans l'endroit où sa veine est le plus contractée par la largeur de la veine en cet endroit.

Voici la description d'une petite clepsydre assz simple et qu'il est très-aisé de se procurer

Ayez un bocal de verre, ou seulement un vase cylindrique de faïence, d'environ un pied de hauteur sur quatre pouces de diamètre ; percez ce verre par le bas, et mastiquez-y un petit tuyau de verre de 4 à 5 lignes de diamètre, et dont le bout ait été diminué de grosseur à la lampe d'un émailleur, de manière qu'il ne laisse échapper l'eau contenue dans le vase que goutte à goutte et très-lentement.

Ce vase ainsi préparé sera couvert d'un cercle de bois, au centre duquel on ménagera une ouverture circulaire de cinq à six lignes de diamètre.

Procurez-vous ensuite un tube de verre d'un pied de hauteur et de trois lignes de diamètre, ayant à une de ses extrémités un petit globe de même matière, au-dessous duquel vous mettrez un petit poids qui le tienne en équilibre sur l'eau, ou bien insérez-y, par l'ouverture supérieure du tube, un peu de vif-argent. On colle un papier le long de ce tube afin de le graduer.

Cet appareil étant fait, on remplit le vase d'eau, on y met le tube, et on y place le cercle de bois. L'eau doit s'écouler invisiblement du vase par le petit tuyau dans un autre vase, au-dessus duquel il est posé.

On tient une montre bien réglée sur l'heure de midi : on marque un trait sur le papier du tube à l'endroit où il touche le bord supérieur du couvercle ; à chaque heure on fait une pareille marque, jusqu'à ce qu'on ait indiqué sur ce papier douze ou vingt-quatre heures selon la grosseur qu'on aura donnée au vase, ou eu égard à la petitesse de l'ouverture par laquelle l'eau s'échappe ; ce qui forme une horloge à eau assez exacte, et qui sera d'un usage continuel, en ayant soin tous les jours de la remplir d'eau jusqu'à la hauteur nécessaire.

On ne doit pas, ayant réglé la distance d'une heure sur le tube, se servir de cette mesure pour tracer les autres, attendu que l'eau ne s'écoule pas en même quantité dans le même intervalle de temps, et que d'ailleurs le vase peut bien n'être pas parfaitement cylindrique; on peut seulement diviser chaque heure en quatre parties égales, pour en avoir les demies et les quarts, sans qu'il se trouve de différence fort sensible.

Cette pièce peut aussi se construire en fer-blanc ; mais il faut que le tuyau par où l'eau s'échappe soit de verre, afin que l'ouverture ne soit pas sujette à s'agrandir. Mais, de quelque matière qu'elle soit construite, il faut avoir l'attention de n'employer que de l'eau bien nette et bien filtrée, afin qu'elle ne dépose pas de limon, qui, venant à embarrasser et obstruer le petit trou par où l'eau s'écoule, la ferait arrêter ou tout au moins couler irrégulièrement, et ferait descendre par conséquent le tube de verre gradué. (*Dictionnaire de l'industrie.*)

Horloge, poudrier, ampoulette, sablier, sont encore des noms que l'on donne sur mer à ces petits vaisseaux composés de deux espèces de bouteilles de verre jointes ensemble, dont l'une est remplie de sable, ou plutôt d'une poudre fort déliée, qui emploie une demi-heure à s'écouler ou passer d'une bouteille dans l'autre. C'est de là que les matelots appellent une demi-heure, ou horloge, et divisent les vingt-quatre heures en quarante-huit horloges. Ainsi le quart, qui est la faction que chaque homme fait pour le service du vaisseau, est composé de six horloges qui valent trois heures. Il y a cependant des vaisseaux où le quart est de huit horloges ou quatre heures. La construction de cette petite machine est si simple et si connue, qu'elle ne mérite pas une description particulière.

Il y a des horloges ou sabliers d'une demi-minute, qui servent à estimer le chemin que fait le vaisseau. Il y en a aussi d'une heure pour l'usage commun.

On dit : « L'horloge dort, » lorsque le sable s'arrête ; c'est à quoi le timonier doit prendre garde ; et : « L'horloge moud, » lorsque le sable coule bien.

M. de Lahire a imaginé de faire usage d'horloges de sable comme celles qui sont en usage ; mais à la place d'une des fioles qui composent ces horloges, il conseille d'y appliquer un tuyau de verre de vingt pouces environ de longueur, et d'une ligne et demie à peu près d'ouverture. Ce tuyau sert de seconde fiole.

Par cet arrangement, lorsque le sable descend de la fiole dans le tuyau, on le voit monter peu à peu, et si distinctement, que l'on peut observer à quelle hauteur il se trouve au moins de cinq en cinq secondes, et par conséquent les minutes sont très-sensibles.

Si cette horloge n'est que pour une demi-heure, il faut, quand le sable est descendu dans le tuyau, retourner la machine ; et ce sable, en se vidant du tuyau dans la fiole, marque de même par sa descente dans le tuyau les hauteurs qui conviennent aux minutes et à leurs parties.

Pour se servir commodément de cette machine, il est nécessaire de l'appliquer sur un morceau de bois, en sorte que la moitié de la fiole et la moitié du tuyau soient enchâssés dans l'épaisseur du bois. On attache deux cordons aux deux extrémités du morceau de bois pour la pouvoir retourner aisément, étant toujours suspendue en l'air ou contre quelque chose. On marque les divisions des minutes d'un côté du tuyau pour la descente du sable lorsqu'il se remplit, et de même on en marque d'autres de l'autre côté pour la descente du sable lorsqu'il se vide.

La méthode pour faire ces divisions doit être l'expérience d'un pendule, de cette sorte :

On prendra un fil délié ; au bout on attachera une balle de plomb pour servir de pendule simple.

Si la longueur de ce pendule, depuis l'endroit où le fil est attaché jusqu'au centre de

la balle, est de trois pieds huit lignes et demie de la mesure de Paris, ce pendule marquera dans ses vibrations une seconde de temps; et, quand il aura fait soixante vibrations, on marquera une des divisions des minutes, et ainsi de suite.

Toute la division se doit faire avec le pendule, à mesure que le sable montera ou descendra dans le tuyau; car les divisions ne sont pas toujours égales, à cause de l'inégalité du tuyau, qui, étant plus étroit en quelques endroits, force le sable à y monter plus vite qu'aux autres qui sont plus larges.

On remarquera que le sable se vidant du tuyau dans la fiole, parcourt d'abord des distances plus grandes que celles qui se font vers la fin : ce qui est causé par la descente du sable par secousses, qui le fait un peu tasser dans le commencement; mais cela ne conserve pas d'irrégularité, les divisions étant faites par l'expérience du pendule.

Au surplus, M. de Lahire conseillait que l'on eût plusieurs de ces horloges, afin qu'elles se rectifiassent entre elles (*Voy. Encyclopédie méthodique.*)

Horlogerie dite de fabrique. — La branche d'industrie qui est désignée sous le nom *d'horlogerie de fabrique* fournit des ébauches de mouvements pour montres et pendules, ou simplement des matériaux préparés pour le service des horloges, comme ressorts, fils d'acier pour piqûres. Elle produit aussi des ouvrages finis, mais dans le genre commun, et les verse dans le commerce par assortiments plus ou moins nombreux. Les fabriques d'horlogerie qui ont envoyé leurs produits aux expositions, sont situées dans les départements du Doubs, du Haut-Rhin et de la Seine-Inférieure. La plus étendue de toutes est celle de MM. Jappy, à Raucourt (Haut-Rhin). Elle fut fondée, il y a plus de quarante ans, par le père des propriétaires actuels. On y fabrique des ébauches de mouvements de montre par machines, avec une telle économie de main-d'œuvre, que les mouvements bruts, qui coûtaient autrefois 6 à 7 francs pièce, sont livrés aujourd'hui au commerce à un prix qui varie depuis 1 franc 40 cent. jusqu'à 2 francs. C'est une réduction de plus de 71 p. 0/0 sur les prix qui résultaient des anciens procédés. Cette intéressante manufacture fut détruite de fond en comble le 1er décembre 1815, par un incendie qu'y allumèrent les troupes étrangères; mais elle a été relevée de ses ruines dans son état actuel, et emploie de 900 à 1,000 ouvriers qui fabriquent par mois 1,400 à 1,600 douzaines d'ébauches de mouvements de montres. La dixième partie de ces produits est employée en France; le surplus est vendu à l'étranger. Le département du Doubs possède un autre établissement où l'on fabrique, par mécaniques, des ébauches de mouvements de montres; il a été formé, à Séloncourt, près Montbéliard, par MM. Beurnier frères; il est moins étendu que celui de Raucourt. Il produit environ trois cent quarante douzaines par mois. Les prix varient depuis 19 francs 50 cent. la douzaine jusqu'à 20 francs 50 cent.; ou depuis 1 franc 63 cent. jusqu'à 1 franc 71 cent. la pièce. La vingtième partie de ces produits seulement est vendue en France. En 1793, une colonie d'horlogers suisses, attirée par les encouragements du gouvernement, s'établit à Besançon, et y fonda une fabrique de montres, qui compte actuellement 800 ouvriers des deux sexes; cette population industrielle subsistant encore après un laps de temps de 59 ans, prouve que cette fabrication a pris racine et qu'elle est définitivement établie. Les horlogers n'y sont pas réunis en corps unique de fabrique; les ouvrières des divers genres travaillent dans leur habitation particulière, pour des établissements et pour des comptoirs qui reçoivent les produits et les versent dans le commerce. Les ébauches sont tirées de Raucourt ou de Séloncourt; les montres sont finies à Besançon. On en fabrique annuellement environ 30,000 avec leur boîte en or, en argent, en cuivre ou en similor; le finissage est la partie du travail de l'horlogerie qui suppose l'industrie la plus distinguée et qui est la plus lucrative. On voit avec peine que les fabriques de finissage soient si peu étendues, qu'elles sont à peine suffisantes pour employer la dixième partie des mouvements bruts qui se fabriquent en France. Il est à désirer que nos horlogers n'abandonnent pas plus longtemps une aussi grande masse de travail aux étrangers. Nous avons aussi des fabriques pour ébauches de mouvements de pendules à la mécanique. MM. Jappy frères en ont établi une dans le département du Doubs, à Badevèle, près Montbéliard. On y fait annuellement 4,800 mouvements de pendules, dont les trois quarts sont vendus aux horlogers de Paris. Il y a environ un siècle qu'une fabrique de mouvements bruts de pendules fut fondée à Saint-Nicolas-d'Aliermont, dans le département de la Seine-Inférieure; elle occupait à peu près 300 ouvriers; leur industrie n'avait point participé au progrès commun, elle était demeurée au même état où elle se trouvait au moment de sa fondation. Les moyens de travail étaient si imparfaits et les résultats si peu estimés, qu'ils ne pouvaient soutenir la concurrence étrangère, et leur vente ne produisait plus aux ouvriers un salaire suffisant pour leur subsistance. La fabrique était, en 1807, au moment de s'éteindre, lorsqu'un administrateur éclairé, M. Savage de Rollin, appela et fixa à Saint-Nicolas-d'Aliermont M. Honoré Pons, habile horloger de Paris, qui avait mérité une médaille d'argent en 1806. M. Pons a établi dans cette fabrique un autre système de travail. Des machines de son invention, au nombre de huit, sont employées pour les différentes opérations qui, avant lui, s'exécutaient péniblement à la main, avec des instruments imparfaits. La dextérité des ouvriers, aidée par ces nouveaux moyens, a donné des produits de meilleure qualité, et dans le plus grand nombre des ateliers ils ont été décuplés. Cette fabrique est aujourd'hui entière-

ment relevée; les mouvements qu'elle fait sont vendus aux premiers horlogers de Paris pour être finis. L'horlogerie de fabrique est importante; elle entretient une grande masse de travail, et particulièrement dans les campagnes, où ses ateliers sont presque toujours situés; une branche assez considérable de commerce lui doit son existence. Le jury a décerné pour cette partie diverses distinctions.

On ne comprend pas, sous la dénomination d'*horlogerie astronomique* les machines par lesquelles on se propose de représenter les mouvements des corps qui composent le système solaire. Des artistes ont souvent consumé leur temps à produire des machines de ce genre qui supposaient une force de tête rare, un esprit fécond en ressources et une grande habileté de main. L'opinion la plus répandue est qu'on ne doit pas encourager ceux qui marchent dans cette route. Les plus parfaites de ces machines, dit le jury dans son rapport, ne donnent qu'une idée incomplète et souvent fausse de la marche des corps célestes; elles sont toujours plus compliquées que le grand mécanisme que l'on prétend leur faire représenter. Elles ne sont pas comprises par ceux qui ignorent l'astronomie, et n'attirent pas même les regards de ceux qui la savent. Enfin, il n'est point d'éphémérides qui ne contiennent des notions plus précises et plus complètes sur la position des astres à un instant donné. De plus, ces machines ne sont pas l'objet d'un commerce suivi. Le véritable objet de l'horlogerie est de donner exactement la mesure du temps par les moyens les plus simples, les plus solides et les moins sujets à réparation, et tels, que la marche de la machine ne soit pas troublée par la variation de température, par les changements de position et par le transport. M. Breguet et feu M. Louis Berthoud présentèrent aux expositions de l'an X et en 1806 des horloges marines et des garde-temps d'une exactitude qui égalait celle des instruments les plus parfaits connus. Cet art important et difficile a fait des progrès depuis 1806, et ces progrès, constatés par le jury, placent M. Breguet en tête des artistes les plus distingués de l'Europe en ce genre. M. Breguet père, membre de l'Académie des sciences, et M. Breguet fils, ont leurs ateliers à Paris. Le public, qui s'est toujours porté en foule auprès des brillants produits de leurs fabriques, a pu juger par lui-même combien est méritée la haute réputation dont jouissent ces horlogers célèbres. Les personnes qui s'intéressent aux progrès de la navigation et des arts, nous ajouterons même à la gloire de la France, liront avec satisfaction des détails qui prouvent que ces mêmes ateliers où se fabriquent les montres et les pendules de luxe destinées aux souverains, et celles que se disputent à l'envi les plus riches particuliers de l'Europe, fournissent aux marins et aux voyageurs instruits des chronomètres supérieurs en exactitude à tout ce qui a été exécuté de plus parfait à l'étranger. (*Annales de chimie et de physique*, 1820, tome XIII.) — *Voir* le *Dict. des découvertes*. — *Voy.* MONTRE, PENDULE.

I

IMPRESSION SUR ÉTOFFES. — Les étoffes s'impriment de plusieurs manières : à main d'homme, sur une table ; on emploie autant de planches qu'il y a de couleurs dans le dessin, et l'application successive de ces diverses planches sur le même fond reproduit l'original par des machines à planches plates, au moyen de rouleaux de cuivre gravés; et enfin par la *perrotine* (du nom de Perrot, son inventeur) qui offre sur les moyens ordinaires des avantages analogues à ceux que les presses mécaniques à la vapeur offrent, dans la typographie, sur les presses à bras.

Les dessins de la plupart des tissus, et surtout des calicots imprimés, ne sont autre chose que des copies otenues au moyen de cylindres de cuivre de quatre à cinq pouces de diamètre, sur lesquels les dessins sont gravés en creux. Une portion du cylindre plonge dans la couleur, tandis qu'une espèce de racloir élastique en cuir enlève la couleur superflue aux endroits non gravés dans une autre partie du cylindre, avant que celle-ci porte sur le tissu. Une pièce de calicot de 30 aunes de long est imprimée par ce moyen en quatre ou cinq minutes.

Pour l'impression des tissus avec des planches à jour, on teint le tissu en pièce, et d'une seule couleur. Supposons qu'il s'agisse de mouchoirs ou de cravates : la pièce est repliée sur elle-même autant de de fois qu'elle doit contenir de mouchoirs, et placée entre deux plaques de métal épais, percées toutes deux à jour des mêmes dessins, chaque ouverture d'une plaque correspondant parfaitement avec l'ouverture semblable de l'autre plaque. On place le tout dans une presse sous laquelle on peut faire le vide ou retirer l'air ; un réservoir de chlore liquide est mis en communication avec les ouvertures de la plaque supérieure, et la pression atmosphérique, agissant alors par-dessus, force le liquide à traverser la pile de mouchoirs, qu'il décolore en passant, mais seulement dans les endroits correspondants aux ouvertures des deux plaques, qui, pressant fortement les autres portions du tissu, empêchent le liquide de s'étendre horizontalement (1).

IMPRIMERIE. — L'imprimerie est l'art de

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*. — *Voyez* TOILES PEINTES.

multiplier l'écriture au moyen d'empreintes provenant de caractères assemblés. « Si l'on considère, dit un écrivain moderne, tout ce que l'art de l'imprimerie a déjà produit de révolutions sur le globe, les progrès qu'il a fait faire à l'humanité, et peut-être aussi les erreurs qu'il contribue à répandre, on ne peut s'empêcher de reconnaître qu'il est, sinon le premier, au moins le plus puissant des arts. » — L'imprimerie doit être comme la lance d'Achille, elle doit guérir les blessures qu'elle fait.

L'imprimerie, a dit, il y a déjà longtemps, l'*Encyclopédie méthodique*, à laquelle nous empruntons une grande partie de ce que l'on va lire, est l'art moderne de tirer, sur papier ou sur vélin, l'empreinte des lettres, par le moyen d'une certaine encre épaisse et gluante, dont on touche des formes ou planches de caractères mobiles jetés en fonte.

On appelle autrement l'imprimerie, *art typographique* ou *typographie*.

Nous tracerons son histoire en ce qui concerne son origine, ses tentatives, ses progrès, ses productions, avec la notice de la vie et des travaux de quelques-uns des premiers imprimeurs étrangers et français.

Nous développerons, d'après la doctrine et les instructions consignées dans les ouvrages les plus accrédités, la théorie, la pratique et les principes de cet art.

Histoire de l'origine et des progrès de l'imprimerie. — On a voulu enlever aux modernes et aux Européens la découverte de l'imprimerie, de cet art conservateur des productions de l'esprit humain, des connaissances en tous genres, et des faits mémorables de l'histoire.

Des critiques, en quelque sorte envieux de notre gloire, ont cherché à établir que cette merveilleuse invention était connue des Chinois et des Japonais, plus de trois cents ans avant Jésus-Christ. Mais ce qu'ils citent de cette ancienne imprimerie tient aux procédés d'une gravure grossière faite sur des planches de bois ou de métal; ce n'est nullement l'imprimerie, qui consiste dans l'emploi de caractères mobiles qu'on peut rassembler, combiner, séparer et remanier à volonté et à l'infini.

L'avantage inappréciable de notre imprimerie est de pouvoir multiplier les bons écrits, en tirer, en renouveler sans cesse le nombre d'exemplaires qu'on désire, sans que les copies le cèdent en valeur aux originaux.

Que ne payerait-on pas un Virgile, un Horace, un Homère, un Cicéron, un Platon, un Aristote, un Pline, si leurs ouvrages étaient confinés dans un seul lieu, ou entre les mains d'une personne, comme peut l'être une statue, un édifice, un tableau?

C'est donc à la faveur du bel art de l'imprimerie que les hommes expriment leurs pensées dans des ouvrages, qui peuvent durer autant que le soleil, et ne se perdre que dans le bouleversement de la nature. Alors seulement, les œuvres inimitables de Virgile et d'Homère périront, avec tous ces mondes qui roulent sur nos têtes.

Puisqu'il est vrai que les livres passent d'un siècle à l'autre, quel soin ne doivent pas avoir les auteurs d'employer leurs talents à des ouvrages qui tendent à perfectionner la nature humaine? Si, par notre condition de particuliers, nous ne pouvons pas faire des choses dignes d'être écrites, disait Pline le Jeune, tâchons du moins d'en écrire qui soient dignes d'être lues.

Quelque utile et quelque récente que soit cette invention, on ne convient guère mieux de son origine que de celle des arts les plus anciens et les moins nécessaires.

Cependant après une lecture attentive et réfléchie des principaux auteurs qui ont traité de cette découverte, et particulièrement d'après ce que l'on lit dans la Chronique anonyme de Cologne, dans Jean Arnaud de Bergelles, dans Junius, dans Salmulth, dans Naudé; d'après ce que disent Mallinkrot, Boxhorn, Mentel, Chevillier, Struve, Oudin, Maittaire; d'après tous ceux qui ont examiné cette question avec plus de soin et qui l'ont traitée avec plus de lumières, voici ce qu'on trouve de plus vraisemblable et de plus authentique à cet égard, suivant l'opinion de Prosper Marchand, et d'après le sentiment du savant bibliothécaire de Sainte-Geneviève, Barthélemy Mercier, abbé de Saint-Léger:

Vers l'an 1440, Jean Guttemberg ou Jean Gensfleisch, surnommé Guttemberg ou Jean-Zumjungen de Guttemberg, natif de Strasbourg et bourgeois de Mayence selon les uns, ou natif de Mayence, et bourgeois de Strasbourg, selon les autres; simple domestique, selon quelques-uns seulement; orfèvre, selon quelques autres, gentilhomme selon plusieurs, et véritablement de l'ancienne famille de Zumjungen, qui avait un hôtel de ce nom dans Mayence, qui est une espèce de palais nommé Guttemberg, dans le voisinage de cette ville : cet homme enfin, très-industrieux, imagina l'imprimerie à Strasbourg, et la perfectionna, dit-on, à Mayence.

La première idée de Guttemberg fut d'abord un essai très-imparfait, qui consistait uniquement en certaines planches de bois, sur lesquelles il se proposait de graver à rebours et en relief les lettres, les mots et les périodes d'un discours suivi.

Après beaucoup de tentatives inutiles, ayant déjà dépensé presque tout son bien sans avoir pu réduire cette théorie en pratique, désespérant enfin de pouvoir y réussir, Guttemberg découvrit son secret ou plutôt son projet à quelques riches bourgeois de Mayence, qui l'aidèrent et s'associèrent avec lui. Les seuls qu'on connaisse sont Jean Medenbach, ou Meydenbach, dont on n'a conservé que le nom, et Jean Fust, homme de très-bonne famille de cette ville, originaire d'Aschaffenbourg, et orfévre de profession, qui contribua beaucoup à l'avancement de cette entreprise. Un de ses domestiques, nommé Pierre Schœffer, natif de Gern-

sheim, dans l'électorat de Mayence, ayant pénétré quelque chose de leur secret, y fut admis et s'appliqua aussi avec eux à le perfectionner.

Ces divers associés, à force de travailler, rendirent à la fin l'art de l'imprimerie praticable, en imaginant, vers 1450, des planches de bois où les caractères et les mots étaient disposés de droite à gauche, comme ceux des langues orientales, et taillés en relief comme sur la monnaie et les médailles, et colorés d'une encre épaisse et gluante. Ils imposèrent dessus ces planches des feuilles de papier ou de parchemin trempées pour en recevoir l'empreinte, qu'ils glissèrent ensuite sous une presse. C'est ainsi qu'ils parvinrent à faire l'impression, non-seulement de quelques simples livrets tels qu'un *Alphabet* pour les petites écoles, et un *Donat*, espèce de grammaire latine à l'usage des basses classes, mais même qu'ils imprimèrent un ouvrage assez considérable qui était une compilation de grammaire, de rhétorique et de poétique, suivi d'un ample dictionnaire, et intitulé *Catholicon Johannis Januensis*.

C'est encore de cette sorte d'imprimerie grossière de caractères taillés en relief, que sont sortis le *Donatus*, le *Confessionalia*, livres in-4° à l'usage des confesseurs et des pénitents; le *Bréviaire*, le *Psautier*, le *Manuel* ou *Horologium beatæ Virginis Mariæ*, de la grand'mère de Joseph Scaliger; l'*Ars memorandi notabilis per figuras Evangelistarum*, un autre livre latin de la figure de la Bible, le *Canticum* ou l'*Historia beatæ Mariæ Virginis in figuris*, conservé à Harlem; l'*Historia S. Johannis Evangelistæ in figuris*, l'*Ars moriendi*, et le fameux *Speculum humanæ salutis*, et le *Spiegel Menschlicher Behondenisse*, conservé de même à Harlem; enfin les livres allemands avec figures, cités par Saubert, et quelques autres ouvrages dont les temps, les lieux et les fabricateurs sont douteux, et qu'on ne saurait attribuer à une nation plutôt qu'à une autre. Il faut en excepter l'*Alphabet* et le *Donat* dont nous venons de parler, et surtout le *Catholicon Johannis Januensis*, que Trithème assure très-positivement avoir été imprimé à Mayence, par Guttemberg, Fust et Schœffer, peu avant 1450.

Cependant ces premières tentatives ne peuvent être regardées que comme très-imparfaites. En effet, ces livres n'étant fabriqués qu'à l'aide de planches de bois telles qu'on vient de les décrire, étaient bien moins de véritables impressions que de simples gravures assez semblables aux images taillées en bois. Aussi étaient-elles sujettes à de grands inconvénients; car ces planches ne pouvant servir qu'à une nouvelle impression du même livre, et remplissant inutilement des magasins entiers, devenaient bientôt à charge par leur grand nombre. Elles ne s'imprimaient que d'un côté du papier, dont on était obligé de coller les deux faces blanches l'une contre l'autre, afin de cacher ce défaut. Elles causaient nécessairement double peine et double dépense, pour ne produire après tout qu'un ouvrage grossier.

Dégoûtés de ces impressions, nos trois associés portèrent plus loin leurs recherches. A force de réfléchir sur leur nouvelle invention, ils s'avisèrent de séparer les unes des autres les lettres de leurs tables ou planches, et d'en façonner séparément de semblables, en bois, en plomb, en étain, en cuivre. Mais elles demandaient trop de temps, de soins et de travail, et ne pouvaient que très-difficilement se former de proportion égale et convenable. Aussi n'en fit-on que très-peu d'usage.

Heureusement, Schœffer, homme adroit et inventif, imagina de tailler des poinçons, de frapper des matrices, de fabriquer et de justifier des moules, enfin de fondre des lettres mobiles séparées, dont il put à son gré composer des mots, des lignes, et des pages entières : en un mot, de dresser tout l'attirail nécessaire pour former des caractères tels que ceux qui ont été imités ou perfectionnés depuis. Il se rendit ainsi le véritable inventeur et le père de l'imprimerie.

Schœffer découvrit à ses maîtres et associés sa nouvelle et ingénieuse manière de tailler, frapper, fondre, arranger, et imprimer des caractères; Fust surtout, enchanté et reconnaissant d'un alphabet de cette sorte que Schœffer lui présenta, résolut dès lors de s'attacher plus intimement cet homme de génie en lui donnant sa fille en mariage; ce qui eut lieu pour l'honneur du maître et du serviteur, vers 1462 à 1465.

On veut que ce soit encore Schœffer qui ait donné la composition de l'encre d'imprimerie, que d'autres attribuent aussi à Fust; mais il est bien plus naturel de l'accorder à Guttemberg, qui a dû nécessairement en faire usage dans ses premiers essais, parce que l'invention des lettres, sans celle d'une liqueur convenable pour les imprimer, ne servait absolument de rien.

Quoi qu'il en soit, après l'invention des caractères de fonte, les trois associés firent des paquets de leurs premiers instruments de bois, qu'ils ne gardèrent que par curiosité, et que l'on conserve encore, dit-on, à Mayence.

Le premier livre imprimé à l'aide de cette dernière et merveilleuse invention, qu'on peut regarder comme le premier fruit de la véritable imprimerie est, selon l'auteur de la Chronique anonyme de Cologne, une *Bible latine* qui coûta des sommes immenses. Cette première de toutes les éditions était en gros caractères, tels que ceux dont s'impriment ordinairement les missels, et fut commencée peu de temps après 1450.

Après cette édition vint une autre édition en caractères mobiles et sans date, du *Catholicon Johannis Januensis*.

Ce sont là les deux premières de toutes les impressions du monde.

On ne voit, dans ces deux ouvrages, ni le nom de la ville où ils ont été imprimés, ni le nom des imprimeurs, ni aucune autre

marque qui puissse désigner leur demeure, qui était vraisemblablement la maison ou l'hôtel de Zumjungen, appartenant à Guttemberg, qui fut appelée depuis l'*Imprimerie*.

On voit, d'après la filiation bien constatée de ces faits, que quelques auteurs ont prétendu à tort attribuer l'invention de l'imprimerie, en 1440, à Jean Mentel, gentilhomme allemand, de Strasbourg. Ils disent qu'il fit des lettres de buis ou de poirier, puis d'étain fondu, et ensuite d'une matière composée de plomb, d'étain, de cuivre et d'antimoine mêlés ensemble. Ils ajoutent que Mentel employa Guttemberg pour faire des matrices et des moules, et qu'ensuite Guttemberg se rendit à Mayence, où il s'associa Fust. Mais, outre que tous ces faits ne sont point appuyés de preuves, on ne produisit aucun livre imprimé dans les premiers temps à Strasbourg. Enfin, il est certain que Guttemberg et ses associés ont passé, pendant 50 ans, pour les inventeurs de l'imprimerie, et s'en sont glorifiés hautement, sans que personne se soit alors avisé de les démentir ni de leur opposer Mentel.

C'est avec aussi peu de fondement que les habitants de Harlem avancent que Laurent Coster, leur compatriote, inventa l'imprimerie en 1440. Ils prétendent qu'avant même cette année cet artiste forma les premiers caractères de bois de hêtre, qu'ensuite il en fit d'autres de plomb et d'étain, et qu'enfin il trouva l'encre dont l'imprimerie se sert encore. En conséquence de cette opinion, on grava sur la porte de la maison de cet homme ingénieux l'inscription suivante :

MEMORIÆ SACRUM,
TYPOGRAPHIA,
ARS ARTIUM OMNIUM CONSERVATRIX,
NUNC PRIMUM INVENTA,
CIRCA ANNUM 1440.

On conserve, dit-on, soigneusement, dans la ville de Harlem, le premier livre fait par cet artiste, et qui porte pour titre : *Speculum humanæ salvationis*; mais ni l'inscription, gravée longtemps après la mort de Coster, ni son premier livre, qui est sans date et sans authenticité, ne sont point des titres capables de faire regarder le citoyen de Harlem comme le premier imprimeur. Revenons aux vrais inventeurs de l'imprimerie.

Les frais des impressions de la *Bible* et du *Catholicon* furent si considérables, qu'ils gênèrent et divisèrent les associés. Guttemberg rompit et abandonna dès lors la société. La séparation eut lieu vers la fin de l'année 1455.

Quelques années après, la ville de Mayence, exposée aux feux de la guerre, ne trouva point dans Adolphe de Nassau un vainqueur aussi généreux que Démétrius, qui épargna l'ancienne Rhodes dans la crainte d'endommager l'atelier de Protogène. Mayence, malgré l'art déjà célèbre de Fust et de Schœffer, fut livrée au pillage en 1462.

Ces imprimeurs et leurs ouvriers se dispersèrent alors dans différents cantons de l'Europe, et y portèrent le secret de l'imprimerie. C'est à cette époque et à cette occasion sans doute que plusieurs villes, telles que Strasbourg, Harlem, Dordrecht, Rome, Bologne, Venise, Feltri, Augsbourg, Nuremberg, Russembourg, Bâle, Lubeck, prétendirent enlever et disputer à Mayence l'honneur de l'invention de l'imprimerie. Mais cette dernière ville a des titres trop authentiques, comme on vient de le prouver, pour qu'on puisse lui disputer l'avantage d'avoir vu ce bel art prendre naissance et s'élever dans son sein.

On dit que Fust, entre autres, profitant du mystère qui enveloppait encore la nouvelle invention, apporta vers 1466, à Paris, quantité d'exemplaires de la Bible imprimée à Mayence en 1462. Il en vendit plusieurs à haut prix et d'autres à meilleur marché, ce qui le fit accuser de mauvaise foi par les acquéreurs, qui croyaient tous avoir acheté un manuscrit. Ces acquéreurs se rapprochèrent, bien étonnés de voir tant de conformité dans leurs exemplaires; ils obtinrent un ordre de la cour pour exercer des poursuites contre Fust, qui fut obligé de se sauver, ou qui mourut, selon l'opinion la plus commune, de la peste qui enleva quarante mille personnes dans cette capitale, aux mois d'août et septembre de l'année 1466.

Guttemberg revint à Mayence, où il décéda vers le mois de février 1468. On voyait encore, en 1640, son épitaphe dans l'église des Franciscains.

Quant à Schœffer, qui inventa les poinçons et qui assura par là les progrès de l'imprimerie, on ne sait point sûrement où il termina ses jours. Il est probable qu'il demeura à Mayence, où il concourut à l'impression de divers ouvrages importants jusqu'à sa mort, que l'abbé de Saint-Léger croit être arrivée au plus tôt vers l'année 1495 : du moins le nom de Pierre Schœffer de Gernsheim se trouve à la fin du *Missale Moguntinum* de 1493, in-fol., et à la fin d'un autre livre allemand imprimé à Mayence en 1495.

M. Murman et l'abbé de Saint-Léger disent qu'on a découvert deux exemplaires des lettres d'indult du Pape Nicolas V, pour ceux qui voudraient secourir le roi de Chypre contre les Turcs, datées de 1454, et imprimées en même temps sur vélin avec un caractère gothique, mais inconnu et très-visiblement fondu.

Au reste, une des premières éditions où le secret de l'imprimerie se trouve dévoilé est le *Psalmorum Codex*, publié en août 1457, où il y a en latin ces mots remarquables, dont voici la traduction :

Ce livre a été imprimé en caractères d'une invention industrieuse sans aucun secours de la plume, par Jean Fust, citoyen de Mayence et Pierre Schœffer de Gernsheim, l'an de grâce 1457.

Ce Psautier est un petit in-folio dont les exemplaires sont très-rares; on n'en connaît que six jusqu'à présent

Parmi ces premières éditions de Fust et de Schœffer, précieuses par leur ancienneté,

et leur rareté, on doit encore citer un Psautier latin du 29 août 1459, dont parle M. de Boze dans le tome XIV de l'*Histoire de l'Académie des inscriptions*.

Le *Durandi Rationale divinorum officiorum*, in-fol., du 6 octobre 1459;

Les *Clementis V P. M. constitutiones*, in-fol., du 25 juin 1560;

Le *Catholicon Joannis Januensis*, in-fol., 1460. *Dietheri electoris et archiepiscopi Moguntini scriptum publicum in causa sua adversus Adolphum comitem Nassovium.*

(Christophe Leeman parle de ce dernier écrit comme imprimé en 1462; c'était vraisemblablement un simple mémoire dont on ne connaît point d'exemplaires.)

La *Biblia latina*, seconde édition en 2 vol. in-fol., 1462;

Bibliorum Germanicorum editio Moguntina, in-fol., 1462.

Cette prétendue édition de la Bible allemande par Jean Fust en 1562, suivant Prosper Marchand, ne doit vraisemblablement son existence, selon l'opinion de l'abbé de Saint-Léger, qu'à une souscription écrite après coup dans l'exemplaire de Bengelius, qui en a parlé le premier. Au reste, cette édition peut être de l'année 1466, comme une autre qui se trouve dans l'abbaye de Palingen en Bavière.

Boniface VIII, *Sextus Decretalium liber*, in-fol., par Fust et Schœffer, le 17 décembre 1465;

Ciceronis Officia et Paradoxa, in-fol., 1465. Prosper Marchand associe à ces éditions, datées et accompagnées des noms de Fust et Schœffer, quatre autres éditions destituées de ces noms et sans date, mais reconnues, dit-il, pour être indubitablement de leur impression, tant par la ressemblance de leurs caractères avec ceux des précédentes que par les marques du papier sur lequel elles se trouvent imprimées.

Ces quatre éditions sont :

1° *Liber Regulæ pastoralis sancti Gregorii papæ, ad Johannem archiepiscopum Ravennensem*, in-4°.

2° *Magistri Matthæi de Cracovia Dialogus rationis et conscientiæ an expediat vel debeat qui raro vel frequenter celebrare, vel communicare : Item Magistri Henrici de Hassia Expositio super orationem dominicam, super Ave Maria, et Speculum animæ.*

3° *Vincentii Beliacensis, fratris ordinis Prædicatorum, speculum historiale*, in-fol.

4° *Liber Sermonum sancti Leonis primi, papæ, doctoris floridissimi ac eloquentissimi incipit feliciter*, in-fol.

Mais l'abbé de Saint-Léger observe très-judicieusement que la marque du papier ou estampille est la marque du fabricant de papier, et non celle de l'imprimeur. Aussi existe-t-il plusieurs livres imprimés chez d'autres imprimeurs sur du papier qui porte la même marque que celui des éditions de Fust et de Schœffer, témoin le saint Augustin *de Singularitate Clericorum*, in-4°, imprimé en 1467, par Ulric Zell.

La ressemblance des caractères des quatre éditions dont il est ici question avec ceux de Fust et de Schœffer est encore une chimère, puisque les uns ne ressemblent point aux autres, comme le prouve très-bien Fournier.

A l'égard du premier de ces quatre ouvrages, qui est le *Liber regulæ pastoralis sancti Gregorii*, le même Fournier déclare que c'est un in-8° et non pas un in-4°, imprimé avec des caractères mobiles de bois, qu'on ne peut attribuer à Fust, dont on n'a d'ailleurs aucun livre in-8°.

5° *Augustini de veræ vitæ cognitione Libellus*, in-4°, avec les armes de Fust et Schœffer.

Ces impressions sont d'un caractère si semblable à l'écriture de ce temps-là qu'il était fort aisé de s'y tromper. C'est une espèce de demi-gothique, que les premiers élèves de Fust et de Schœffer portèrent dans la plupart des endroits où ils établirent l'imprimerie, mais auquel on substitua bientôt le romain et le gothique, deux autres espèces de caractères, savoir : en 1469, le beau romain, ainsi nommé parce qu'il fut d'abord employé à Rome, quoique ces caractères romains ne soient pas d'un si bel œil que ceux des artistes vénitiens. C'est aussi la raison qui a fait nommer vénitiens les caractères romains dont la forme plus agréable se rapproche davantage de ceux de Jean et Vendelin, de Spire, de ceux surtout de Jenson.

En 1471, le gothique introduit par les premiers imprimeurs de Strasbourg, se répandit avec leurs ouvrages, et n'a que trop longtemps déshonoré les plus belles imprimeries.

Trente ans après, Alde Manuce inventa l'italique ou le cursif, qui a été assez en vogue dans le XVI° siècle, mais qu'on abandonna bientôt, parce que sa maigreur fatiguait la vue, et dont on ne se sert encore aujourd'hui que pour des citations de médiocre étendue; car, lorsqu'elles sont longues, on préfère le romain précédé à chaque ligne de guillemets, (ou doubles virgules), ainsi nommés du nom de celui qui s'en est le premier servi.

Après la mort de Fust, qui décéda à Paris, selon l'opinion la plus probable, dans l'année 1466, Schœffer continua d'imprimer à Mayence jusqu'en 1495, ainsi qu'il a été dit ci-dessus.

On a de ce dernier imprimeur seul : *Clementis quinti Opus constitutionum clarissimum*, in-folio, 8 octobre 1467.

Psalmorum Codex cum prophetarum Canticis notis illustratus, in-folio, 1490.

C'est la plus ancienne impression qui soit notée.

Jean Meydenbach, associé de Jean Guttemberg, ne mit son nom à aucun livre; mais on trouve celui de Jacques Meydenbach, son fils ou son parent, à un ouvrage considérable imprimé sous ce titre : *Hortus sanitatis, id est Liber de herbis, animalibus, avibus, piscibus, et cum eorum figuris in ligno incisis.* A Mayence, 23 juin 1481.

C'est un grand in-folio de caractères gotiques et rempli de figures enluminées.

On lit aussi le nom de cet imprimeur à l'*Explicatio Gregorii papæ in Psalmos pœnitentiales*, in-4°, à Mayence, 1495.

Les inventeurs de l'imprimerie ne firent point d'éditions grecques ; ils imprimèrent seulement à cet égard quelques mots ou quelques lignes, comme on voit par les *Offices* de Cicéron, de Mayence, 1465. Ce fut en Italie que se firent les premières impressions des auteurs grecs, et la ville de Venise, ou plutôt son illustre imprimeur Alde-Pie Manuce, eut l'honneur de publier, sinon les premières, du moins les plus belles et les plus considérables éditions en cette langue, ayant inventé et gravé lui-même les caractères dont il se servit. Il commença par Aristote, tout grec, en 4 volumes in-folio, d'une grosse lettre.

Quant aux impressions en langue et caractères hébraïques, les premières ont été faites vers l'an 1480, par les juifs d'Italie, à Soncino, petite ville du duché de Milan; et les premiers imprimeurs furent le rabbin Josué, et le rabbin Moïse, fils du rabbin Israël Nathan, de Soncino, qui descendait d'un juif allemand de la ville de Spire. Cette famille se multiplia, et porta l'imprimerie dans quelques villes d'Italie, comme à Brescia, à Bologne, à Rimini, à Pesaro, où ont été faites des impressions hébraïques, avec l'inscription que c'étaient des imprimeurs de Soncina ou de la famille de Soncino qui les avaient faites.

Après ce premier temps, les juifs et les chrétiens firent des impressions en hébreu dans plusieurs villes de l'Europe.

Nous ne pousserons pas plus loin la recherche de ces premières impressions ; elles se multiplièrent tellement, lorsque cet art se fut répandu, que, dès l'année 1474, la plupart des bons livres avaient été imprimés déjà plus d'une fois; et cette quantité augmenta bien autrement encore dans les années qui suivirent jusqu'à la fin du siècle ; en sorte que c'est avec beaucoup de fondement qu'on a remarqué qu'un homme seul pourrait à peine suffire pour dresser la notice de ces anciennes éditions.

Au reste, le principal mérite de ces premières impressions est de faire connaître les commencements et les progrès de l'art ; mais il ne faut pas admettre le préjugé de ceux qui disent qu'elles sont toutes précieuses, comme étant plus conformes aux manuscrits, et qu'elles peuvent en tenir lieu, d'autant qu'il a été démontré par de savants critiques que beaucoup d'entre elles ont été faites sur de mauvaises copies, par des imprimeurs incapables d'en juger.

Imprimeurs français. — L'art de l'imprimerie passa de l'Allemagne à Paris par les soins de la société de la Sorbonne, en 1470.

Ulrich Gering, de la ville de Constance, et ses deux associés, Martin Crantz et Michel Friburger de la ville de Colmar, se rendirent aux sollicitations de Guillaume Fichet et de Jean de la Pierre, docteurs et savants qui les reçurent dans la maison de Sorbonne.

Les premiers livres qui sortirent des presses de ces imprimeurs, en 1470, 1471 et 1472, et que l'on garde dans la bibliothèque de la Sorbonne, sont :

1° *Gasparini Pergamensis epistolarum Liber ;* in-4°;

2° *Lucii Annæi Flori, de tota Historia Titi Livii Epitome in quatuor libros divisa ;* in-4°;

3° *Caii Crispi Sallustii de Lucii Catilinæ conjuratione Liber.— Ejusdem Sallustii Liber de bello Jurgurthæ contra populum Romanum ;* in-4°, sur vélin;

4° *Guillelmi Ficheti Alnetani Rhetoricum libri tres ;* in-4°, sur vélin.

Tous ces livres sont imprimés de mêmes lettres fondues dans les mêmes matrices. C'est un caractère rond de gros-romain.

Comme l'impression ne faisait que de naître à Paris, et que ces premiers livres sont comme des essais de l'art, il se trouve en quelques-uns des lettres à demi formées, et des mots à moitié imprimés qu'on a achevés avec la main. Il y a même quelques épîtres imprimées dont l'inscription n'est que manuscrite. Il n'y a point de lettres capitales. Les premières lettres sont omises ; on y a laissé de la place pour y peindre une première lettre en or ou en argent. Il y a plusieurs mots abrégés; toutes les anciennes impressions ont ce défaut.

Le papier n'est pas bien blanc ; mais il est fort et bien collé. L'encre est d'un beau noir.

Ces premières éditions offrent quelques lignes en lettres rouges et sur vélin. Il y a de ces ouvrages qui commencent par le folio verso, comme le *Florus*.

Ils sont tous sans titre, sans chiffre et sans signature. Ces anciens imprimeurs ne commencèrent à mettre des signatures, c'est-à-dire des lettres alphabétiques au bas des feuillets, qu'en l'année 1476.

Antoine Zarot, imprimeur à Milan, avait commencé à bien placer les signatures au-dessous de la dernière ligne ; mais il voulut ensuite changer cette bonne manière, en les mettant mal à propos au bout de cette même ligne, pour les faire servir de dernier mot, comme il paraît par son édition du JEAN SIMONETA *de gestis Francisci Sfortia ducis Mediol.* de l'année 1486.

On mit des titres et des chiffres, en 1477, aux sermons de Léonard de Udine. Ces chiffres furent alors placés au haut des pages, non point au bas, comme s'avisa de faire Thomas Anskelme, libraire d'Haguenau, dans l'édition qu'il donna in-folio, année 1514, du *Dictionnaire grec* d'Hésychius.

Il n'y a point de réclames dans ces premières éditions. Les imprimeurs de Paris ne les ont employées que fort tard, vers l'an-

née 1520. L'Italie avait commencé avant ce temps à les mettre en usage dans ses anciens livres. Le registrum fut employé d'abord en Italie. Gering l'a employé ensuite en France dans quelques éditions, comme dans les ***Sermons de saint Augustin***, dans le ***Béda sur saint Paul***, de 1499, et dans les volumes de droit.

Voici comment, à cet égard, on s'y prenait autrefois. On rassemblait à la fin du volume les lettres alphabétiques qui servent de signature, et les premiers mots des quatre premiers feuillets compris sous chaque lettre.

Cependant, comme cela remplissait une page d'impression, on l'abrégea, comme fit Gering, qui le mit en deux ou trois lignes, marquant seulement toutes les signatures ou lettres alphabétiques, et combien chacune était multipliée de fois, en cette façon : ***Omnes sunt terniones ou quaterniones***.

Le registrum est présentement supprimé dans les imprimeries ; et on a assez pourvu à *la facilité* de la reliure par l'assemblage de trois choses, de la signature au bas des pages, des chiffres en haut de chaque feuillet, et des réclames, auxquelles les relieurs doivent avoir recours, et particulièrement ceux qui collationnent les livres, s'ils veulent ne point les avoir défectueux.

Ce fut dans le même endroit du collége de Sorbonne où nos trois premiers imprimeurs avaient travaillé, que Gérard Morrhy, Allemand, établit son imprimerie et dressa des presses. Soixante ans après il imprima parfaitement bien un ***Lexicon***, grec-latin, in-folio. Il en date la préface au lecteur en ces termes : ***Vale. Parisis, apud Sorbonam,*** 1530, ***mense Februario ;*** et met ces autres mots à la fin du volume : ***Imprimi curabat Gerardus Morrhius Campensis, apud collegium Sorbonæ, anno*** 1530.

Il imprima encore l'année suivante, le commentaire d'Agathius Guidacérius sur le ***Cantiques des Cantiques***, in-4°, et un autre volume encore in-4° ; c'est le commentaire de Galien sur le traité d'Hippocrate ***De salubri diæta ;*** on lit sur ces deux volumes : ***Parisis, in officina Gerardi Morrhii Campensis, apud collegium Sorbonæ***, 1531. On garde toutes ces éditions à la bibliothèque de la Sorbonne.

Les plus anciens imprimeurs qui se sont établis à Paris après Ulrich Gering et ses associés, sont Pierre Cæsaris et Jean Stol. Ils étaient tous deux Allemands, étudiants dans l'université, et Cæsaris y avait pris le grade de maître ès arts. Ils furent instruits par Gering dans l'art de l'imprimerie.

Cependant les deux docteurs, amis de ces premiers imprimeurs, quittèrent Paris, après avoir procuré à cette capitale l'établissement de l'imprimerie.

Fichet se rendit à Rome, appelé par Sixte IV ; et là, Pierre méditait son retour en Allemagne, lorsque Ulrich Gering et ses associés retirèrent leurs presses du collége de Sorbonne, et allèrent les placer dans une maison de la rue Saint-Jacques, en 1473 ; ils prirent pour enseigne le ***Soleil-d'Or***.

Des impressions sortirent de ces presses, établies dans la rue Saint-Jacques, par Martin Crantz, Ulrich Gering et Michel Friburger.

Les livres de cette seconde liste ne sont pas du même caractère que ceux de la première. Ces éditions faites dans la rue Saint-Jacques sont de nouvelles lettres fondues dans de nouvelles matrices. On ne retrouve plus dans ces impressions les caractères de Sorbonne, qui ont été les premiers essais de l'imprimerie de Paris. Il semble que ces premiers imprimeurs, en retirant leurs presses de cette maison, rompirent tous les instruments qui n'avaient servi qu'à faire voir leur nouvel art dans son enfance.

On remarque dans ces imprimés trois ou quatre sortes de caractères : le ***Guy de Mont-Rocher*** de 1473, le ***Barthélemy de Pise***, le ***Durand***, le ***Platea***, l'***Angelus de Aretio***, la ***Légende***, le ***Léonard de Udine***, sont d'une lettre qui n'a pas la même beauté que celle qu'ils employèrent en Sorbonne. Elle revient assez à l'écriture de ce temps-là. Elle n'est pas néanmoins gothique, mais semblable aux impressions de Mayence faites par Pierre Schœffer.

Le ***Zamora***, le ***Saint Grégoire*** de 1475, in-folio ; le ***Saphologium*** et la ***Bible*** sont à peu près du même caractère, mais un peu plus gros.

Le ***Summa de virtutibus***, le ***Nider præceptorium***, les ***Homélies de saint Grégoire sur Ezéchiel***, le ***Nicolas de Lyra***, sont d'un bon caractère romain, c'est-à-dire, d'une autre lettre plus ronde et mieux formée. Mais ***Eyb***, le ***Guy de Mont-Rocher*** de l'année 1478, l'***Aristote***, le ***Nider consolatorium***, le ***Hugues Cardinal***, avec les opuscules qui y sont joints, sont d'une grosse lettre romaine bien nette et bien formée. Les belles éditions de Venise, faites par les célèbres imprimeurs Jean et Vendelin de Spire, Nicolas Jenson, Jean de Cologne, Jacques de Rubeis, Octavien Scoti, Jean et Grégoire de Forlivio et autres, n'ont rien au-dessus de celles-ci. Les caractères en sont presque aussi beaux que ceux qui ont paru en France. De sorte que l'on peut dire avec justice et vérité qu'Ulrich Gering est non-seulement le premier imprimeur de Paris et de France, mais qu'il est encore le plus habile de son temps.

Il faut remarquer qu'Ulrich Gering était seul quand il imprima ces volumes. Il est probable qu'après l'impression des ***Sermons du carême*** de Léonard de Udine, en 1477, ses deux associés, Martin Crantz et Michel Friburger, retournèrent en Allemagne. En effet, depuis cette année-là, il n'est parlé d'eux nulle part, au lieu qu'on voit Gering passer le reste de ses jours à Paris, et se faire de nouveaux associés, entre autres Berthold Rembold, avec qui il entreprit beaucoup d'éditions. C'est pour cela qu'Ulrich Gering doit être regardé comme le premier imprimeur, quoiqu'il n'ait sur quelques livres que le second rang et sur d'autres que le troisième.

Après l'impression des livres de cette seconde liste, Ulrich Gering quitta la rue Saint-Jacques, vint établir son imprimeri

et faire sa dernière demeure dans la rue de Sorbonne. Ce fut sur la fin de l'année 1483 qu'il loua des docteurs, ses anciens amis, une maison dans cette rue, où pendait l'enseigne du *Buis*, et où il transporta son enseigne du *Soleil-d'Or*. Cette maison lui fut donnée par un bail à vie, à la charge de payer neuf livres chaque année.

Ulrich Gering fut de son vivant le bienfaiteur du collége de Sorbonne et de celui de Montaigu, et leur fit des legs considérables à sa mort, qui arriva le 23 août 1510. Il exerça l'imprimerie à Paris pendant quarante années où il eut la satisfaction de voir ce bel art, qu'il avait apporté d'Allemagne, parfaitement établi et pratiqué par un grand nombre de ses élèves.

Trois ans après la mort de Gering, son associé Rembold, qui s'était marié avec Charlotte Guillard, loua des docteurs de la société de Sorbonne une maison dans la rue Saint-Jacques, où pendait pour enseigne le *Coq* et la *Pie*. Le bail lui en fut fait l'année 1507, pour sa vie et celle de sa femme, à la charge de payer tous les ans douze livres et d'y faire un bâtiment de six cents livres, ce qui fut exécuté. Il porta avec lui l'enseigne du *Soleil*, qu'il avait eue en commun, dans la rue de Sorbonne avec Ulrich Gering, et commença l'année 1509 à imprimer en son nom seul sous cette enseigne, le *Saint Bruno sur les épîtres de saint Paul*, et y fit plusieurs autres impressions jusqu'en l'année 1518, en laquelle il mourut.

Quand Gering commença l'imprimerie à Paris, il employa de bons caractères, et tint ferme longtemps contre l'usage des autres imprimeurs, qui introduisirent la lettre gothique; mais enfin il se laissa entraîner lui-même. Il est le premier qui ait donné les plus belles lettres; mais il n'est pas le premier qui se soit relâché et qui se soit servi des lettres gothiques.

Cependant ce ne sont point les imprimeurs de France qui sont les auteurs de ces lettres gothiques. Dès l'année 1471, on s'en est servi en Allemagne; dès lors Henri Eggestein avait imprimé de ce caractère un gros volume du *Décret* de Gratien qu'on voit dans la bibliothèque de Sorbonne.

Ce fut surtout Venise qui, après avoir eu la gloire, comme on l'a dit plus haut, d'avoir employé les plus belles lettres, l'a beaucoup diminuée par une foule d'impressions gothiques qu'elle fit dans ces premiers temps, et qui donnèrent partout le mauvais exemple.

Il s'est même trouvé des imprimeurs à qui le mélange bizarre des deux caractères a plu, et qui ont employé la belle lettre et le gothique dans un même livre.

Robert Etienne, dans la seconde édition, en 1543, de son *Dictionnaire* en latin en deux gros volumes, n'ayant rien mis de gothique dans le premier tome, commence le second par la lettre L, et imprime en gothique tous les premiers mots alphabétiques de ce tome, et ceux auxquels il renvoie, en bonnes lettres. Sans doute qu'il voulut suivre en cela l'exemple de son beau-père, Simon de Colines, qui avait fait la même chose l'an 1520 dans l'impression du gros *Dictionnaire de droit* en deux volumes in-fol. de Jean de Montholon, intitulé *Promptuarium divini et humani juris*.

Le grand nombre d'abréviations souvent énigmatiques qui fut introduit dans quelques-unes de ces premières impressions, eut un autre défaut d'autant plus insupportable, qu'il fit rejeter la plupart de ces éditions. On fut même obligé, pour enseigner à lire ces abréviations dans les volumes de droit, de faire un livre intitulé : *Modus legendi abreviaturas in utroque jure*, imprimé in-8°, à Paris par Jean Petit, l'an 1498.

Ulrich Gering, instruit vraisemblablement à Mayence, avait imprimé en rouge dès l'année 1470, le titre de la lettre de Fichet au cardinal Rolin. Mais il a employé cette couleur dans toute sa beauté et tout son éclat dans les impressions qu'il fit depuis en rouge et en noir du Psautier, du Diurnal, du Bréviaire, du Missel, des Heures, à l'usage du diocèse de Paris, et de quelques volumes de droit.

Ce mélange des deux couleurs donne de l'agrément à l'impression et réjouit la vue, qui se plaît dans cette diversité. Les meilleurs imprimeurs ont suivi l'exemple de Gering; dans l'impression des livres d'église, ils ont distingué ce qu'on appelle rubriques par le rouge. On a blâmé ceux qui avaient fait au contraire imprimer les rubriques en lettres noires.

On commença à graver des poinçons, à frapper des matrices et à fondre des lettres grecques à Paris, autant qu'il en fallait pour avoir des éditions entières en cette langue, l'année 1507. Ce fut François Tissard qui en prit le soin, et qui sollicita Gilles Gourmont d'établir son imprimerie. Des livres grecs parurent cette année-là pour l'étude de cette langue dans l'université. Le premier livre grec qui sortit des presses françaises fut un in-4° contenant les sentences des sept sages de la Grèce, les vers dorés de Pythagore, le poëme moral de Phocylide, les vers de la Sibylle d'Erythrée, avec l'alphabet grec, et quelques autres opuscules.

Gilles Gourmont fut encore le premier imprimeur de Paris qui eut des caractères hébreux, en 1508, et qui en fit les premiers essais, de même sous les yeux de François Tissard. Le premier ouvrage en hébreu qui sortit de ses presses fut une *Grammaire hébraïque* in-4°. Elle est dans la bibliothèque de Sorbonne.

Après Gilles Gourmont, les imprimeurs se pourvurent de caractères grecs, et firent de belles éditions en cette langue.

Josse Badius, né à Ascha, petite ville dans le Brabant autrichien, en 1462, fut un des hommes les plus savants de son temps. Il commença par faire l'office de correcteur des manuscrits et des imprimés, à Lyon, chez Jean Treschel. Après la mort de cet imprimeur, dont il épousa la fille, Badius vint

s'établir à Paris. Il fut reçu professeur en grec dans cette ville, et ne tarda point à élever une imprimerie sous le nom *Prælium ascencianum*. Il fit grand nombre d'éditions très-estimées par leur correction et par les préfaces savantes dont il les enrichit. On a de lui plusieurs auteurs classiques imprimés en lettres rondes. Il mourut à Paris, en 1535. Robert Estienne, Michel Vascosan, Jean de Foigny, étaient ses gendres.

Il faut compter parmi les premiers et les plus célèbres imprimeurs qui vinrent s'établir à Paris, vers 1480, Antoine Vérard, dont on a un grand nombre de belles éditions. Il a publié plus de cent volumes de romans sur vélin, et ornés de très-belles miniatures, qui imitent parfaitement les beaux manuscrits d'après lesquels ils sont imprimés.

On a aussi de cet habile imprimeur les *Politiques* et les *Ethiques* d'Aristote, traduites et commentées par Oresme, in-fol., 1486 et 1488. Il a imprimé l'*Horloge de Sapience*, in-fol., 1493; les *Grandes chroniques de France*, 3 volumes in-fol. 1493; le *Boccase des nobles et célèbres femmes*; le *Roman de la Rose*, in-fol.; *Psalterium Davidicum*, en lettres gothiques rouges et noires; l'*Ordinaire des chrétiens*, in-fol., 1494; la *Bible historiée*, 2 vol. in-fol., 1496; les *Prophéties de Merlin*, in-fol. 1498; le *Rational des divins offices*, de Guillaume Durand, in-fol., 1504, traduit, de l'ordre de Charles V, par Jean Holain, provincial des Carmes; l'*Histoire de Joseph*, traduite en français et dédiée à Charles VIII, etc.

Michel Lenoir, Parisien, imprima le *Chevalier délibéré* et *la mort du duc de Bourgogne*, in-4°, 1489; *Le triomphe des neuf preux*, ou *Histoire de Bertrand Duguesclin*, in-folio, 1507; *le Roman de la Rose*, in-4°, 1515, etc. Ses impressions sont estimées. Il mourut le 29 septembre 1520.

Les Estienne, imprimeurs, sont renommés tant pour l'érudition que pour les éditions grecques et hébraïques. On nomme huit Estienne qui se sont illustrés dans leur carrière; mais Robert Estienne et Henri II, son fils, se sont immortalisés par leur goût pour leur art et par leur savoir. Ils tiennent l'un et l'autre un rang supérieur dans la république des lettres.

Le célèbre Robert Estienne, instruit dans l'art de l'imprimerie par Simon de Colines, son beau-père, avait aussi une connaissance éminente des langues et des humanités. Il s'appliqua particulièrement à mettre au jour de magnifiques éditions des Bibles hébraïque et latine. Il est le premier qui les ait distinguées par versets et par des chiffres arabes, ce qui a été observé depuis par les autres imprimeurs.

François Ier prenait un plaisir singulier à le voir travailler à l'imprimerie. Un jour que ce roi vint comme Robert Estienne corrigeait une épreuve, il ne voulut pas l'interrompre, et attendit qu'il eût achevé. Ce roi lui donna son imprimerie. Claude Garamond et Guillaume Lebé en fondirent les caractères; mais les traverses injurieuses que Robert Estienne essuya dans la suite l'obligèrent de quitter sa patrie vers l'an 1551 et de se retirer à Genève, pour y professer sa religion en liberté. Là il continua d'enrichir le monde des plus beaux ouvrages littéraires.

Les éditions données par cet homme célèbre sont celles de toute l'Europe où l'on voit le moins de fautes d'impression. Mill assure que, dans son Nouveau Testament grec, des éditions de 1546, 1549 et 1551, ainsi que dans l'édition de 1549 in-seize, appelée *O mirificam*, il ne se trouve pas une seule faute typographique, et qu'il n'y en a qu'une dans la latine, savoir : *pulres* pour *plures*. On sait par quel moyen il parvint à cette exactitude : il exposait à sa boutique et affichait ses dernières épreuves à la porte des colléges, en promettant un sou aux écoliers pour chaque faute qu'ils découvriraient; et il leur tenait exactement parole.

Il mourut à Genève le 7 septembre 1559, âgé de 56 ans, après s'être comblé de gloire, parce que nous devons peut-être autant à son industrie seule qu'à tous les autres savants et artistes qui ont paru depuis François Ier jusqu'à nos jours.

Son beau *Trésor de la langue latine* a immortalisé son nom, quoiqu'il ait été secouru dans ce travail par Budé, Tusan, Baïf, Jean-Thierry de Beauvoisis, et autres. La première édition est de Paris, 1536, la seconde de 1542, la troisième de Lyon en 1573, et la dernière de Londres en 1734, en quatre volumes in-folio.

Son désintéressement et son zèle pour le bien public peignent le caractère d'un digne citoyen. On ne lui doit point d'éloges à cet égard; mais du moins ne fallait-il pas le calomnier jusqu'à l'accuser d'avoir volé les caractères de l'imprimerie du roi en se retirant, et d'avoir été brûlé en effigie pour ce sujet.

Il entretenait chez lui dix à douze savants de diverses nations; et, comme ils ne pouvaient s'entendre les uns les autres qu'en parlant latin, cette langue devint si familière dans cette maison, que ses correcteurs, sa femme, ses enfants et les anciens domestiques, vinrent à la parler avec facilité. Il laissa un frère et deux fils, dont il convient de parler.

Charles Estienne, frère de Robert Ier, après s'être fait recevoir docteur en médecine dans la Faculté de Paris, eut l'imprimerie du roi et la soutint honorablement. Les anatomistes lui doivent trois livres *De Dissectione partium corporis humani*, qui ne sont point tombés dans l'oubli. Cet ouvrage parut en 1545, in-folio, avec figures, et l'année suivante en français chez Colines. Charles Estienne mourut en 1568, ne laissant qu'une fille nommée Nicole, auteur de quelques ouvrages en prose et en vers. Elle fut recherchée par Jacques Grévin, médecin et poëte; et c'est pour elle qu'il composa ses *Amours d'Olympe*; mais elle épousa Jean Liébaud, médecin. Estienne (Robert II) ne voulut pas suivre son père à Genève, et fut conservé, conjointement avec son oncle

Charles, dans la direction de l'Imprimerie royale, où il fit imprimer, depuis l'année 1560, divers ouvrages utiles, mais dont les éditions n'égalent pas celle de son père.

- Estienne (Henri II), fils de Robert Ier et frère de Robert II, eut la réputation d'un des plus savants hommes de son siècle, et des plus érudits dans les langues grecque et latine. Il publia le premier, tout jeune encore, les poésies d'Anacréon, qu'il traduisit en latin. Il composa l'*Apologie pour Hérodote*, espèce de satire contre les moines, qui lui en tirent un procès criminel, auquel il échappa par la fuite; mais il s'est immortalisé par son *Trésor de la langue grecque*, en quatre tomes in-folio, qui parurent en 1572. Il mourut à Lyon en 1598, âgé de 70 ans, laissant des fils, et une fille qu'Isaac Casaubon ne dédaigna pas d'épouser.

Michel Vascosan s'est distingué par ses éditions, recommandables par le choix et la beauté des caractères, par la bonté du papier, l'exactitude des corrections, et l'ampleur de la marge. Henri II, reconnaissant le mérite de cet imprimeur, lui donna un privilége général pour dix ans. Vascosan était d'Amiens; il avait son imprimerie dans la rue Saint-Jacques, à l'enseigne de *la Fontaine*; il imprimait en 1572. Le docte imprimeur et interprète du roi, Frédéric Morel, son gendre, est enterré avec lui sous le charnier de la paroisse de Saint-Benoît, dans le tombeau de Josse Bade, son beau-père.

L'imprimerie de Claude Chevalon fut l'une des premières et des plus estimées de Paris; c'est une louange qu'on lui doit d'avoir fait avec soin, intelligence et exactitude, les plus forts ouvrages de l'art, qui ont coûté le plus de travail et le plus de dépense. Les livres de droit civil imprimés rouge et noir, avec les commentaires en quatre ou cinq volumes in-folio; le *Saint Jérôme* en cinq, le *Saint Chrisostome* en cinq, le *Saint Augustin* en huit, sont des entreprises supérieures à ce qui avait été fait jusqu'à ce courageux imprimeur. Il avait épousé la veuve de Rembold, l'associé d'Ulrich Gering, et demeura dans sa maison au *Soleil d'Or*, rue Saint-Jacques, depuis l'année 1520.

Simon de Colines, en latin *Colinæus*, né au village de Gentilly, près Paris, dans le XVIe siècle, commença à se distinguer dans l'imprimerie en 1519. Ayant épousé la veuve de Henri Estienne, l'aîné, il employa d'abord les caractères d'Etienne, mais dans la suite il en fondit lui-même de beaucoup plus beaux. Il introduisit en France l'usage du caratère italique, avec lequel il imprima des ouvrages entiers; et son italique est préférable à celui d'Alde Manuce, qui en fut l'inventeur. Les éditions des livres grecs données par de Colines sont d'une beauté et d'une correction admirables. Il y a de lui une édition du Testament grec où le fameux passage de l'épître de saint Jean des trois témoins manque. Colines mourut, à ce qu'on croit, vers l'an 1550; c'est du moins ce qu'on peut augurer de la lettre LXXVI de Jean-Ginez Sepulveda à Vascosan.

Il faut donner place parmi les imprimeurs renommés par la correction de leurs éditions à Charlotte Guillard, qui s'est signalée par un nombre considérable d'impressions estimées et recherchées dans les bibliothèques. Elle avait été instruite par l'associé de Gering, Berthold Rembold, son premier mari, avec qui elle demeura 16 ans jusqu'en 1518. Chevalon l'épousa en 1520, et la laissa veuve en 1542. Elle écrit en 1552 qu'elle soutenait les fatigues et les grandes dépenses de l'imprimerie depuis cinquante ans. Ses beaux ouvrages sont ceux qu'elle fit seule étant veuve pour la seconde fois : telle est la *Sainte Bible* en latin, avec les notes du docteur Jean Benedicti. Elle commença l'impression des ouvrages des saints Pères par le *Saint Grégoire* en deux volumes, si correct, que l'errata n'est que de trois fautes.

Sébastien Gryphius, né à Reutlingen, ville de Souabe, sur la fin du XVe siècle, *vir insignis ac litteratus*, dit Majoragius, s'établit à Lyon, où il s'acquit un honneur singulier par la beauté et l'exactitude de ses impressions. On estime beaucoup ses éditions de la Bible en hébreu, et même tout ce qu'il a donné dans cette langue. On ne fait pas moins de cas de la Bible latine qu'il publia en 1550, en deux volumes in-fol. Il se servit pour cette édition latine du plus gros caractère qu'on eût vu jusqu'alors. Elle ne cède pour la beauté qu'à la seule Bible imprimée au Louvre en 1642, en neuf volumes in folio.

Son *Trésor de la langue sainte*, de Pagnini, qu'il mit au jour en 1529, est un chef-d'œuvre. Il avait de très-habiles correcteurs; l'errata des *Commentaires sur la langue latine* d'Etienne Dolet n'est que de huit fautes, quoique cet ouvrage forme deux volumes in-folio. Gryphius mourut en 1556, à l'âge de 63 ans; mais son fils Antoine Gryphius continua de soutenir la réputation de l'imprimerie de son père.

Geoffroy Thori ou Torry, né à Bourges dans le XVe siècle, libraire juré à Paris, contribua beaucoup à perfectionner les caractères d'imprimerie, et composa un livre qui parut après sa mort, intitulé *le Champ-fleuri*, contenant l'art et science de la proportion des lettres appelées vulgairement romaines; à Paris, en l'an 1592; in-4°. Il mourut en 1550.

Nous devons aux Morel bien des éloges pour leur savoir et les beaux livres qu'ils ont publiés.

Guillaume Morel, né en Normandie, selon Lacroix du Maine, et célèbre imprimeur de Paris, était savant dans l'intelligence des langues. Il devint correcteur de l'Imprimerie royale, après que Turnèbe se fut démis de cet emploi en 1555. Ses éditions grecques sont fort estimées. Il commença lui-même quelques ouvrages, entre autres un *Dictionnaire grec-latin-francais*. Il mourut en 1564.

Frédéric Morel, probablement parent éloi-

gné de Guillaume, versé dans les langues savantes, fut gendre et héritier de Vascosan, dont il fit valoir l'imprimerie; et mourut à Paris, en 1583, âgé d'environ 60 ans, laissant un fils d'un mérite supérieur, nommé semblablement Frédéric.

Celui-ci, après avoir été professeur et interprète du roi, fut pourvu de la charge d'imprimeur ordinaire de Sa Majesté pour l'hébreu, le grec, le latin et le français. Le grand nombre d'ouvrages qu'il a publiés et traduits du grec sur les manuscrits de la Bibliothèque du roi, avec des notes, sont des preuves authentiques de son érudition. Il mourut en 1630, âgé de 78 ans, et laissa deux fils, Claude et Gilles.

Claude Morel donna les éditions de plusieurs Pères grecs, entre autres de saint Athanase. Gilles Morel, son frère, lui succéda, et publia les Œuvres d'Aristote, en 4 volumes in-folio, outre la grande *Bibliothèque des Pères*, qu'il mit au jour en 1643, en dix-sept volumes in-folio. Gilles Morel est devenu conseiller au grand conseil.

Dolet, né à Orléans dans le xvie siècle, imprimeur et libraire à Lyon, a mis au jour quelques-uns des ouvrages recherchés d'Étienne Dolet, bon humaniste, brûlé à Paris le 3 août 1546, pour ses sentiments sur la religion. Il aurait encore imprimé la version française de la plupart des œuvres de Platon, du malheureux Etienne Dolet, s'il n'eût été prévenu par son supplice.

Simon Millanges, né dans le Limousin en 1540, après avoir fait ses études, se rendit à Bordeaux, en 1572, pour y dresser une belle imprimerie. Les jurats de cette ville soutinrent cette entreprise de leur argent et de leur crédit. Millanges se distingua par la correction de ses éditions, et mourut en 1621, âgé de 82 ans, ayant été un des bons imprimeurs du royaume, près d'un demi-siècle.

Sébastien Nivelle, libraire et imprimeur de Paris, florissait au milieu du xvie siècle. Entre les ouvrages qu'il mit au jour à ses dépens, on ne doit jamais oublier le *Corps du droit civil*, avec les Commentaires d'Accurse. C'est un livre précieux, un chef-d'œuvre, que Nivelle fit paraître en 1576, en cinq volumes in-folio; mais Olivier de Harzy et Henri Thierry, imprimeurs, en partagent aussi la gloire.

Mamert-Patisson, natif d'Orléans, était très-habile dans les langues savantes et dans la sienne propre. Il épousa la veuve de Robert Estienne, en 1580, et se servit de son imprimerie et de sa marque. Ses éditions sont correctes, ses caractères beaux, et son papier très-bon. En un mot, il n'a omis aucun des agréments qu'on recherche dans les livres; aussi ses impressions vont presque de pair avec celles de Robert Estienne. Mamert mourut en 1600.

Pierre Paillot, imprimeur et généalogiste, né à Paris en 1608, de bonne famille, se maria à 25 ans, à Dijon, avec la fille d'un imprimeur : alliance qui le détermina à embrasser la profession de son beau-père, qu'il a exercée longtemps et toujours honorablement. Il a imprimé tous ces livres, qui sont en très-grand nombre, mais qui n'intéressent que les curieux, de la *Généalogie des maisons de Bourgogne*. Paillot grava lui-même le nombre prodigieux de planches de blasons dont ils sont remplis. C'était un homme exact et infatigable au travail. Il mourut à Dijon en 1698, à l'âge de 89 ans, laissant sur les familles de Bourgogne, 13 vol. in-fol. de Mémoires manuscrits qui étaient dans la bibliothèque de M. Joly de Blezé, maître des requêtes. On ignore où ils ont passé depuis.

Antoine Estienne, fils de Paul, natif de Genève, vint à Lyon, où il commença ses études; et ensuite à Paris, où il les acheva. Il obtint des lettres de naturalité, en date du 20 septembre 1612; et pour avoir fait abjuration de l'hérésie de Calvin entre les mains du cardinal Duperron, il eut du clergé une pension de 500 livres, et la charge d'huissier de l'assemblée. Cet Estienne fut reçu imprimeur et libraire à Paris le 26 octobre 1618, et fut honoré de la charge d'imprimeur du roi, au mois de décembre 1623, avec 600 liv. d'appointements assignés sur l'épargne. Il fut aussi pourvu de celle d'imprimeur et libraire du roi à La Rochelle, vacante par la mort de son frère Joseph, le 13 février 1630.

Cet imprimeur publia en 1614 *S. Joannis Chrysostomi Homiliæ in Genesim*, in-fol. Les *Œuvres du cardinal Duperron*, 4 vol. in-fol., 1620; *Testamentum Vetus et Novum secundum LXX*, *Sixti V pontif.* etc., 3 vol. in-fol., grec-latin, 1628; Les *Triomphes de Louis le Juste* avec les *Eloges* par Henri Estienne, et les *Figures de Valdor*, in-fol., 1645. Il a encore imprimé le *Plutarque* grec et latin, 4 vol. in-fol., 1624; les *Œuvres de Xénophon*, grec et latin, in-fol., 1625; les *Œuvres d'Aristote*, 1629; les *Œuvres de Strabon* et autres ouvrages considérables. Cet imprimeur était savant, grand orateur et bon poëte. Nous avons entre autres livres de sa composition et de son impression le *Supplément au nouveau théâtre du monde* de Davity, in-fol. Il mourut en 1674. Son fils Henri Etienne lui succéda dans son imprimerie, dans ses charges, et l'on peut dire dans son savoir et sa réputation.

Pierre Rocollet, natif de Paris, fut reçu imprimeur et libraire en 1618, et pourvu de la charge d'imprimeur ordinaire du roi par lettres du 14 avril 1635, et bientôt après de celle d'imprimeur de la ville de Paris. Il imprima les *Résolutions de l'assemblée des princes, ducs, seigneurs et officiers de la couronne, tenues à Fontainebleau*, in-8°, 1621; les *Œuvres de Bacon*, 1626; *Instruction pour apprendre à monter à cheval*, par Antoine de Pluvinel, in-fol., 1627, avec des figures très-bien faites, qui font rechercher cette édition, etc. Cet imprimeur avait donné, pendant les guerres de Paris, des témoignages si publics de sa fidélité envers le roi Henri IV, étant pour lors capitaine de son quartier, que Sa Majesté l'honora d'une

médaille où était son portrait, avec une chaîne d'or qui lui furent mises au cou par le maître des cérémonies, et qui furent accompagnées d'un brevet très-flatteur pour lui et sa famille. Il eut le bonheur de rendre aussi des services au chancelier Séguier et de recevoir des témoignages de sa bienveillance.

Sébastien Cramoisi, né à Paris, dont il fut échevin, obtint par son mérite la direction de l'imprimerie du Louvre, établie par Louis XIII. Il mourut en 1669, et eut pour successeur son petit-fils. Mais, quoique plusieurs de leurs éditions méritent fort d'être recherchées, elles n'ont ni l'exactitude ni la beauté de celles qui sont sorties des imprimeries des Estienne, des Manuce, des Plantin, etc. Les Martin, Coignard et Muguet ont succédé aux Cramoisi et, à leur tour, ont enrichi la république des lettres d'éditions très-belles et très-estimées.

Antoine Vitré, Parisien, s'est rendu fameux dans le XVIIe siècle, par le succès avec lequel il porta l'imprimerie presqu'au période de la perfection. Quoique de son temps les Hollandais semblassent être les maîtres de cet art, on croit que Vitré était capable de les surpasser, s'il se fût avisé d'observer, comme on a fait depuis, la distinction de la consonne *j* de la voyelle *i*, l'*u* du *v*.

Quoi qu'il en soit, la *Polyglotte de Guy-Michel Lejay*, qu'il a imprimée, est un nouveau chef-d'œuvre de l'art, tant par la nouveauté et la beauté des caractères que par l'industrie et l'exactitude de la correction. Sa Bible in-fol. et in-4° va de pair avec tout ce qu'on connaît de mieux. En un mot, il a égalé Robert Etienne pour la beauté de l'imprimerie; mais il a terni sa gloire en faisant fondre les caractères précieux des langues orientales qui avaient servi à imprimer la Bible de Lejay, pour n'avoir aucun rival après sa mort.

M. de Flavigny s'étant avisé de censurer dans une brochure, non l'action de Vitré, mais quelques endroits de la Bible magnifique qu'il avait mise au jour, et qu'il était bien permis de critiquer, celui-ci éprouva des chagrins incroyables pour une seule faute d'impression qui n'était point dans son manuscrit. Il avait cité le passage de saint Matthieu : *Ejice primum trabem de oculo tuo*. Gabriel Sionite, prenant un vif intérêt à la défense de la Bible à laquelle il avait travaillé, ayant lu la critique de M. de Flavigny, l'accusa, dans sa réponse, de mœurs corrompues, de sacriléges et d'une impiété sans égale d'avoir osé corriger le texte sacré en substituant un mot infâme à la place du terme honnête de l'Evangile.

Qui croirait que tous ces sanglants reproches n'avaient d'autre fondement qu'une inadvertance d'imprimerie? La première lettre du mot *oculo* s'était échappée fortuitement de la forme, après la revue de la dernière épreuve, lorsque le compositeur toucha une ligne mal dressée pour la remettre droite.

Jean Camusat se distingua dans le XVIIe siècle, à Paris, en recherchant par préférence à n'imprimer les livres bons qu'en eux-mêmes, sans en envisager le profit; de sorte qu'on regardait comme recommandable tout ouvrage qui sortait de son imprimerie. Il fut choisi, en 1634, pour être imprimeur et libraire de l'Académie française qui, dans les commencements, tenait ses assemblées chez lui. Cette illustre compagnie l'honora de sa confiance, et le chargea, dans plusieurs occasions, de faire en son nom des remercîments et compliments à des hommes de lettres.

Il faut nous borner à ces anciens maîtres; nous aurions un champ trop vaste à parcourir si nous voulions appeler en témoignage de la célébrité soutenue des imprimeurs français les belles éditions qui sont sorties en foule des presses des Rigault, des Anisson, des Barbou, des Coignard, des Imbert, des de la Tour, des Lambert, des Pierres, des deux Didot et de quelques autres.

Nous ne devons pourtant pas dissimuler que M. Didot l'aîné, surtout, vient de frayer de nouvelles routes vers la perfection de l'art. Cet habile artiste a reconnu que l'ancienne presse pouvait être rectifiée, et il en a imaginé une nouvelle qui donne la facilité de tirer la forme entière en un seul temps; il a conçu que la beauté de l'impression dépendait des caractères, et il en a fait graver et fondre de nouveaux qui joignent plus d'élégance et une proportion plus régulière; il a senti que le papier d'impression était susceptible d'être amélioré, et il en a fait fabriquer à Annonay qui surpasse tout ce que la Hollande a jamais produit de mieux à cet égard; il a enfin compris que le mérite principal d'une impression était la correction, et c'est encore ce qui rend si précieuses ses éditions des auteurs classiques latins et français. Du reste, son zèle infatigable a excité celui des autres maîtres ses confrères, et bientôt l'imprimerie française sera reconnue comme la plus célèbre et la plus parfaite de l'univers.

Nous venons de donner l'historique le plus complet de ce grand art de l'imprimerie; si l'on avait à détailler toutes ses phases, tous les procédés qu'elle emploie, des volumes suffiraient à peine. Nous nous contenterons d'emprunter à l'*Encyclopédie des gens du monde* quelques détails sur la partie mécanique de cet art, renvoyant aux articles STÉRÉOTYPIE, PRESSES D'IMPRIMERIE, l'exposé des progrès qu'a faits cette magnifique invention.

Comme art, l'imprimerie demande instruction, intelligence, soins de toute espèce; comme industrie, elle a besoin de grands capitaux et d'une prodigieuse activité; comme fabrication, elle exige un grand concours de bras et d'instruments. Aussi, pour rendre compte avec quelque clarté des procédés, avons-nous besoin de présenter un tableau sommaire des industries qui s'y rattachent.

Gravure et fonte des caractères. — Un artiste spécialement adonné à ce genre de travail, qui demande une grande précision et

beaucoup de pratique, grave en relief, dans des proportions une fois données, et parfaitement uniformes, toute la série des lettres de l'alphabet, sur autant de tiges d'acier, qui prennent le nom de ***poinçons***, auxquelles on donne par la trempe la dureté nécessaire. Ce ne sont pas seulement les vingt-quatre lettres ordinaires ou minuscules qu'il faut graver ainsi, mais encore la série des majuscules ou grandes capitales, celle des petites capitales, puis les lettres doubles et celles qui sont surmontées d'accents, les chiffres, les ponctuations, les signes divers, comme parenthèses, traits d'union, guillemets, etc. Et quand cet ensemble de poinçons est terminé dans la forme droite dite ***romaine***, il faut recommencer la même série sur les mêmes proportions dans la forme penchée dite ***italique;*** et comme il y a des caractères de toutes les *forces*, depuis la grosseur de 1 millimètre jusqu'à celle de 12 centimètres et plus, échelonnés entre eux par cinquième de millimètre à peine; comme il y a, sur toutes ces grosseurs, des caractères ***gras***, des ***maigres***, des ***allongés***, des ***ornés***, des ***ombrés***, d'autres à formes brisées, aplaties, tordues, contournées, et que la mode se charge encore de les faire varier chaque année; comme il y a en outre les caractères des langues mortes et étrangères et toutes les variétés imaginables d'ornements, de vignettes, de filets et fleurons typographiques, on comprend que l'art du graveur en lettres a fait d'immenses progrès, et que, malgré la dureté presque inaltérable des poinçons, il sait toujours se créer des occupations nouvelles.

Lorsque les poinçons ont été minutieusement éprouvés et corrigés, on les *frappe*, c'est-à-dire qu'on enfonce à coups de marteau l'extrémité gravée en relief dans un morceau de cuivre tendre, qui reçoit ainsi l'empreinte en creux et devient une *matrice*. Il est à remarquer que la lettre, gravée en sens inverse au bout du poinçon, prend dans le fond de la matrice sa figure naturelle, et qu'elle reprend, au sortir du moule du fondeur, son sens renversé, pour retrouver définitivement à l'impression sa véritable physionomie. Par l'usage que l'imprimeur fera des caractères, il ne tardera pas à reconnaître s'ils sont bien de ***hauteur*** et d'***approche***. L'approche est bonne quand les lettres ne laissent pas entre elles de vides désagréables à l'œil, et si la matière est de bonne qualité (1).

Composition. — On appelle composition le travail que fait l'ouvrier chargé de représenter en caractères mobiles une *copie* donnée, et de livrer ces caractères, formant alors des pages uniformes, à l'ouvrier imprimeur qui doit en tirer le nombre d'exemplaires convenu.

A mesure que les caractères assemblés chez le fondeur en grandes pages bien enveloppées, et livrées en nombre suffisant d'après une *police* précédemment arrêtée, arrivent à l'imprimerie, on les distribue, par sortes de lettres, dans des casiers ou boîtes plates à compartiments nommés ***casses***, qu'on met entre les mains des ouvriers ***compositeurs***.

Suivons maintenant le compositeur dans son atelier, supposons-le debout devant sa ***casse***, garnie de caractères neufs, distribués dans leur cassetins respectifs. Il prend sa copie et l'assujettit au moyen de petites pinces en bois appelées ***mordant***, sur un autre petit morceau de bois plat, terminé par une pointe en fer qu'il fixe vers le milieu de sa casse à la hauteur de ses yeux : c'est le ***visorium***. Ensuite il prend de la main gauche son principal instrument de travail, le ***composteur***. Cet outil, ordinairement en fer, est formé de deux lames soudées à angle droit dans toute leur longueur et fermées d'un bout par une pièce assez forte et bien soudée qu'on nomme ***talon;*** une autre pièce appelée ***languette***, parallèle à celle-là, mais mobile et munie d'une vis avec son écrou, sert à fixer d'une manière invariable pour toute la durée d'un ouvrage, quel que soit son format, l'étendue des lignes qui doivent en former les pages. Ce préliminaire indispensable est ce qu'on appelle la ***justification***. La longueur des composteurs ordinaires est de 6 à 12 pouces; ceux qui servent aux affiches ont jusqu'à deux pieds et sont faits en bois; quant à la largeur, elle est uniforme pour la lame inférieure qui reçoit la lettre, laquelle, haute de près d'un pouce, doit toujours un peu ressortir, pour que les doigts la placent et la retirent avec plus de facilité; la hauteur de la lame supérieure, ou la profondeur de l'instrument varie au gré de l'ouvrier, sans toutefois pouvoir dépasser la longueur de son pouce; quelques outils contiennent jusqu'à 30 lignes superposées de petits caractères.

Lorsque le compositeur a pris sa justification, il commence à assembler, d'après la copie qu'il a sous les yeux, les mots et les phrases qu'elle lui présente. Il lui faut, dans ce travail, réunir une grande agilité de doigts, un peu de mémoire et un coup d'œil exercé. Tandis que sa tête retient une petite partie du manuscrit pour n'avoir pas à le regarder à chaque instant, la main droite lève chaque lettre dans son cassetin et la porte dans le composteur; la main gauche approche cet instrument le plus possible pour abréger le trajet et retient du pouce les lettres à mesure qu'elles arrivent, pour que la position inclinée qu'on est forcé de donner à l'outil ne les fasse pas tomber; les yeux, pendant ce temps, se portent vers la casse pour guetter la lettre que la main droite va reprendre, afin que celle-ci la saisisse de suite dans le sens le plus convenable, c'est-à-dire par la tête ou l'***œil***, et ne soit pas obligée de la retourner en la plaçant dans le composteur. Un ouvrier ordinaire lève ainsi un mille de lettres à l'heure, en y comprenant le temps assez considérable qu'il passe à ***justifier*** chaque ligne, c'est-à-dire à l'arrêter à la lon-

(1) La matière destinée à la fonte des caractères se compose de 15 parties de plomb et de 5 parties de régule d'antimoine.

gueur fixée par son composteur, et à *espacer* également les mots d'après la latitude que lui laisse cette longueur, ce qui l'entraîne souvent à changer les espaces de tous les mots et à retoucher aux lignes précédentes. Malgré tous ces retards, on voit quelques ouvriers lever à l'heure jusqu'à 2,000 lettres.

Un bon compositeur doit avoir soin, tout en travaillant, de rectifier les fautes d'orthographe et de ponctuation (1) qu'il rencontre sur sa copie, d'éviter à la fin des lignes de couper les mots d'une façon ridicule, d'observer les différences de caractères indiquées par l'auteur pour attirer l'attention sur une phrase ou partie de phrase. Chaque ligne faite, il la relit rapidement des yeux, afin de corriger de suite les fautes qu'il peut apercevoir; puis il la recouvre ordinairement d'une lame de plomb très-mince, appelée pour cela *interligne*. Quel que soit le nombre de lignes que contient son composteur, il les retire de cet instrument aussitôt qu'il est plein et les dépose sur une galée. La *galée* est une planche bien unie, de forme rectangulaire, garnie en dessus, pour retenir les lignes, d'un tasseau qui règne sur toute la longueur des deux côtés formant l'angle inférieur de la droite, et en dessous de deux chevilles qui la maintiennent dans un sens diagonal sur le haut de la casse, à droite, au-dessus des lettres capitales de petite dimension dont l'usage est le moins fréquent. L'étendue de la galée est proportionnée à la grandeur des pages qu'elle est destinée à contenir; celles qu'on emploie pour l'in-4° et l'in-folio sont munies de doubles fonds glissant dans des coulisses qui permettent de retirer les pages avec plus de facilité.

Quand le compositeur a réuni sur la galée un nombre de lignes suffisant pour former une page, il la lie avec une ficelle et la place sous son rang, c'est-à-dire sur les planches posées à cet effet au-dessous de sa casse; puis il continue comme ci-dessus, jusqu'à ce que sa copie soit terminée ou que le caractère lui manque. Il lui faut alors remplir sa casse : mais pour cela, quand la première fonte neuve est épuisée, il est obligé de reprendre les pages sur lesquelles on a déjà tiré le nombre d'exemplaires voulu, et de les distribuer lettre à lettre dans le même ordre qu'il les a levées. Ce travail, qui n'est payé que par le prix de la composition, demande beaucoup de soin et d'habileté pour ne pas être onéreux. Un bon ouvrier doit à peu près distribuer quatre pages dans le temps qu'il mettrait à en composer une; il faut surtout qu'il évite de jeter une lettre dans un cassetin qui ne serait pas le sien, car il s'occasionnerait, pour réparer cette erreur, la perte d'un temps précieux (2).

(1) *Rectifier les fautes de ponctuation*; c'est une erreur : telle phrase ponctuée d'une manière exprime toute autre pensée que si elle était ponctuée autrement. A l'auteur sa pensée; à lui à ponctuer.

(2) Une mécanique a été inventée pour répartir les différentes lettres dans les cassetins qui leur appartiennent.

Tandis que ce compositeur continue, après sa *distribution*, à produire de nouvelles pages, un autre ouvrier, ordinairement choisi parmi les plus habiles, et auquel est confiée la direction d'un ou de plusieurs ouvrages, rassemble les parties de la copie et les pages déjà composées afin d'y intercaler les folios, les titres ou les notes que le premier compositeur a négligés à dessein, parce qu'ils sont d'un caractère différent de celui du texte. Quand cet ouvrier, nommé *metteur en pages*, à cause de la spécialité de ses fonctions, a réduit toutes les pages à une dimension donnée et qu'il les a réunies au nombre de 4, 8, 16, 24, ou 36, selon le format qu'on lui a désigné, il en fait l'*imposition*. Cette opération est une des plus compliquées et des plus ingénieuses que présente la typographie. Si, par exemple, il s'agit d'un in-18, format ainsi nommé parce qu'on imprime 18 pages de chaque côté d'une feuille de papier, il faut disposer dans un certain ordre et en deux châssis les 36 pages qui entreront dans la feuille, et calculer les distances qui formeront les marges, de telle sorte qu'à l'impression chaque page puisse tomber parfaitement sous la page impaire qui la précède, et que le brocheur puisse ensuite plier et couper la feuille imprimée en petits cahiers d'au moins quatre pages, qui se réunissent tous sans laisser un seul feuillet de deux pages isolé. Il a fallu bien des années pour inventer les divers modes d'imposition usités maintenant, et l'on fait, pour ainsi dire, chaque jour des découvertes dans ce genre. Les châssis qui servent à l'imposition sont formés de quatre barres de fer bien soudées et parfaitement d'équerre à tous leurs angles, et traversées sur leur longueur ou leur largeur par une autre barre pour plus de solidité. Les distances réservées entre les pages pour les marges sont remplies par des bois ou des lingots de plomb plus bas que les caractères; et des coins enfoncés à coup de maillet ou de marteau entre les barres extérieures des châssis et les biseaux placés le long des pages, maintiennent celles-ci assez fortement pour qu'on puisse les transporter sans danger à de grandes distances.

Le metteur en pages, avant de serrer chaque *forme* (nom donné à l'ensemble des pages contenues dans un seul châssis), a soin de frapper modérément sur chaque page avec un *taquoir*, morceau de bois tendre recouvert en chêne, afin que tous les caractères présentent une surface bien unie; puis il achève de serrer ses formes et en fait tirer une épreuve par l'imprimeur chargé de ce service. Nous laisserons l'épreuve passer entre les mains du *prote* et du *correcteur*, dont nous parlerons plus loin, pour revenir au travail du compositeur. Le metteur en pages, lorsqu'il a reçu des mains du correcteur l'épreuve collationnée avec la copie, desserre les formes, à l'aide d'un *décognoir* en bois dur, sur le *marbre* ou grande dalle de pierre qui lui a servi à les imposer; puis il remet cette épreuve aux ou-

'vriers qui ont contribué à la confection de la feuille, pour que chacun corrige à son tour les fautes qui lui sont échappées. Cette opération s'exécute ainsi : le compositeur commence par lever dans sa casse les lettres et les mots qui doivent remplacer ceux qu'il a changés ou qu'il a oubliés ; il les range dans un composteur en bois destiné à cet usage, se munit d'une petite pointe en fer à manche de bois, qui facilitera son travail, et se rend au marbre sur lequel les formes sont desserrées. Là il presse entre ses doigts, par les deux extrémités, la ligne dans laquelle il a une correction à faire, de manière à l'élever un peu au-dessus du reste de la page : il saisit alors aisément la lettre ou le mot qu'il veut changer, et les remplace par d'autres lettres ou par des *espaces* qu'il jette en plus dans la ligne pour lui conserver sa longueur; quelquefois il reprend dans les lignes au-dessus ou au-dessous pour les resserrer ou les élaguer, selon qu'il a besoin d'enlever ou d'ajouter un nombre plus ou moins grand de mots, et même il *remanie* des alinéas ou des pages entières, s'il y a lieu. C'est à la correction que le bon ouvrier trouve la récompense de son assiduité et de son savoir, tandis que le compositeur ignorant ou inattentif passe des heures entières, dont on ne lui tient aucun compte, à réparer ses fautes et ses oublis. Lorsque cette première correction, dite *typographique*, est terminée, le metteur en pages serre les formes et en demande une nouvelle épreuve, destinée à l'auteur. Celui-ci exécute alors autant de changements, et revoit autant d'épreuves qu'il le croit nécessaire jusqu'à ce qu'il donne son *bon à tirer*. C'est le metteur en pages, qui est chargé d'exécuter ou de faire exécuter ces corrections, et de livrer au pressier les feuilles en état d'être imprimées.

Passons maintenant aux importantes fonctions du *correcteur*.

De toutes les opérations par lesquelles doit passer un livre avant d'arriver à ses lecteurs, la plus importante et la plus difficile à exécuter parfaitement est sans contredit la *correction*, non la correction manuelle dont nous venons de parler, mais la correction intelligente d'hommes instruits, patients et exercés dans leur art, qui sont chargés dans toutes les imprimeries de ce travail ingrat et monotone. Cette assertion paraîtra singulière à la plupart des personnes étrangères à la typographie, qui se figurent généralement qu'à la première lecture elles vont saisir toutes les fautes que l'ouvrier aura laissé échapper par ignorance ou par étourderie, et qui resteraient stupéfaites si elles voyaient les mêmes pages qu'elles ont parcourues, épluchées par un correcteur habile. Nous allons montrer comment il faut, pour exceller dans sa profession, réunir un assez vaste savoir à la connaissance de tous les procédés de l'art dont on doit contrôler les résultats, et à une disposition d'esprit toute particulière.

Le correcteur, après s'être assuré que l'imposition est bonne, plie sa feuille et collationne, soit seul, soit avec un collègue, le travail des compositeurs, soit avec l'original manuscrit ou autre qui leur a été confié, et relève à mesure les fautes d'orthographe et de ponctuation, les omissions et les inexactitudes qu'ils ont commises. Cette lecture faite, les ouvriers corrigent sur plomb, c'est-à-dire dans les caractères qu'ils ont assemblés, toutes les fautes découvertes par le correcteur. Mais, quelle que soit l'attention portée dans l'exécution de cette double besogne, il est impossible que la nouvelle épreuve que l'on tire soit sans faute; on l'envoie néanmoins à l'auteur ou à l'éditeur pour qu'il revoie son travail.

L'auteur renvoie son épreuve corrigée à l'imprimerie, mais, soit qu'il donne de suite le bon à tirer, soit qu'il demande plusieurs fois de nouvelles épreuves, elle passe, avant d'aller sous presse, sous les yeux d'un correcteur ordinairement plus ancien et plus expérimenté que le premier, qui, n'ayant plus à collationner, porte une attention sévère sur le sens, l'orthographe, la ponctuation, l'arrangement typographique et même sur les lettres gâtées de chaque ligne; il vérifie si les folios, les notes, les premiers et les derniers mots, les numéros de livres ou de chapitres sont bien en rapport avec ceux des feuilles précédentes et suivantes; enfin il ne laisse échapper, s'il est possible, aucune imperfection autre que celles qui tombent naturellement sous la responsabilité de l'auteur. Presque toujours ces corrections sont nombreuses, et presque toujours aussi on pourrait retrouver des fautes après lui et après dix autres lectures; tant l'esprit humain atteint difficilement la perfection dans ses œuvres !

On comprend bien, d'après un semblable travail, que la personne qui veut s'y livrer doit posséder à fond les langues des ouvrages dont elle lira les épreuves, et une notion plus ou moins étendue de toutes les connaissances humaines; car dans le même jour, elle aura tour à tour à examiner des feuilles légères de romans et les pages les plus abstraites des sciences les moins répandues.

Maintenant disons quelques mots des procédés de correction ... Nous laisserons aux manuels typographiques le soin de donner aux gens du métier des tableaux détaillés avec tous les signes usités pour le redressement de chaque imperfection; nous nous contenterons d'indiquer les points les plus importants. D'abord il est nécessaire que toutes les corrections soient portées sur les marges des pages et jamais dans l'intérieur des lignes, afin que l'ouvrier saisisse au premier coup d'œil les diverses indications sans avoir besoin de lire attentivement le texte, ce qui lui prendrait un temps précieux. On tire sur la lettre le mot ou la phrase à changer, un simple trait perpendiculaire ou horizontal; on rapporte ce signe à la marge à côté de la correction que l'on indique, en ayant soin, si l'on en fait plusieurs dans la

même ligne, de placer la première le plus près possible de l'impression et de se réserver le reste de la place pour les suivantes. On a encore soin, pour éviter toute confusion, de n'employer que la marge extérieure, c'est-à-dire celle qui est du côté du folio, et qui est ordinairement plus grande que celle du fond, de telle sorte que les corrections s'indiquent toujours de gauche à droite sur le recto, et de droite à gauche sur le verso.

Il y a, pour certaines corrections, des signes de convention qu'il est bon de connaître, parce qu'ils abrègent bien des explications : ainsi, pour indiquer la suppression d'une longue phrase comme d'une simple lettre, il suffit de tirer une barre sur toutes les lignes, ou sur la lettre, et de figurer sur la marge, à côté du petit trait perpendiculaire correspondant à cette correction, un *d* à tête allongée, qu'on nomme *deleatur*, parce qu'il est l'abrégé de ce mot latin qui signifie : *que cela soit effacé*. Pour une transposition, il suffit de tracer autour de la ligne, des lignes, ou du mot transposé, ce signe |_|, qui, rapporté à la marge, indique à l'ouvrier ce qu'il doit faire. Souvent il arrive qu'une ou plusieurs lettres sont retournées : il y a encore pour cela un signe convenu, bien connu des typographes. Veut-on faire disparaître une espace, une interligne qui lève mal à propos la tête, on met en marge ce signe ×, usité en algèbre sous le nom de *multiplié;* demande-t-on plus d'espace entre deux mots ou deux lignes, un dièze # fait l'affaire; veut-on, au contraire, un rapprochement, des parenthèses, ou droites ( ) ou couchées ⁀‿, évitent toute autre explication. Il est encore d'usage, quand on veut attirer l'attention sur quelque passage, de le souligner une fois ——, si l'on désire qu'il soit seulement en caractères dits *italiques ;* deux fois == si on l'aime mieux en PETITES CAPITALES; trois fois ≡ si l'on tient à ce qu'il saute aux yeux par l'effet des **GRANDES CAPITALES**; de même qu'il y a des signes, il y a aussi quelques termes usités pour désigner les principales fautes : ainsi on nomme *bourdon* tout oubli de mot ou de phrase; *doublon*, le défaut contraire; *coquille*, une lettre pour une autre. Enfin, comme nous l'avons déjà dit, s'il est bon que les correcteurs d'imprimerie soient parfaitement au courant des moindres détails de leur art, il suffit aux auteurs d'exprimer d'une manière bien précise les changements qu'ils désirent, en figurant sur les mots à changer et sur les marges correspondantes des signes semblables qu'ils peuvent varier à l'infini, quand ils ont à faire plusieurs rectifications rapprochées les unes des autres, par des crochets tournés à gauche, à droite, en bas, en haut, de petites croix doubles, simples, triples, etc., suivant le nombre des renvois.

Revenons à la *composition* : Tout ce que nous venons de dire ne suffit pas encore pour faire comprendre le travail infini d'organisation et de surveillance, le perpétuel mouvement de va-et-vient de tous les caractères d'imprimerie, dont les variétés se composent par centaines, et les pièces par millions, et dont la confection s'opère si aisément, grâce à leur petitesse et à leur similitude, dont le gaspillage est tellement inévitable par suite du nombre d'agents qui les emploient, dont le renouvellement est si fréquent à cause de leur prompte usure, que le déficit occasionné par ce concours de circonstances n'a pu être exactement calculé, et devient moins appréciable de jour en jour. Aussi, le maître imprimeur est-il forcé d'avoir un certain nombre d'ouvriers à la journée, dits *hommes de conscience* (le mot est significatif), dont une des principales fonctions est d'empêcher et de réparer le perpétuel mélange de tous ces caractères. Il ne saurait apporter trop de soins au choix de ces ouvriers spéciaux, qui sont les gardiens de ses intérêts et même de sa réputation, car ce sont eux qui sont ordinairement chargés de composer les objets qui demandent le plus de goût, comme les prospectus, les encadrements, les fantaisies typographiques; de faire les *garnitures*, c'est-à-dire d'encadrer les pages d'une espèce de châssis mobile en plomb ou en bois qui les maintiennent à leur place, de telle sorte qu'elles aient tout autour la marge la plus convenable et la plus élégante; souvent de corriger les *tierces* et *révisions* (dernières épreuves au moment du tirage); et quelquefois c'est à leur étourderie dans l'exécution de ce travail que des éditions très-soignées du reste ont dû des fautes grossières dont, la plupart du temps, on ne s'aperçoit qu'après la vente, ou qu'on ne peut réparer qu'à grands frais quand le tirage est terminé.

Le *prote* (*πρῶτος*, le premier), dans une imprimerie un peu considérable, est seul chargé de la direction des travaux, de la surveillance intérieure et des rapports avec les clients : quelles garanties d'ordre, de savoir, d'intelligence, de probité, ne doit-il pas offrir! Il lui faut, autant que possible, avoir passé par tous les grades, savoir un peu de tout, être en état d'en remontrer au compositeur, au pressier, au correcteur. L'imprimeur a beau lui-même être actif, entendu, sévère avec les ouvriers, patient avec les auteurs, il ne peut veiller à la fois au dehors et au dedans, être présent partout, suivre d'heure en heure, de minute en minute, le fil de travaux si compliqués; et si son prote ne le seconde dans cette ingrate besogne, non-seulement avec zèle, mais avec une complète abnégation personnelle, l'établissement ne résistera pas longtemps aux abus de toutes sortes qui viendront l'assaillir.

Tirage. — La composition est très-importante sans doute, ainsi que la beauté et la variété des caractères; la correction l'est encore d'avantage; mais, le croirait-on, c'est le tirage, quoiqu'il semble au premier abord la partie la plus simple, la moins intelligente de l'imprimerie, qui réclame le

plus de soins de la part du maître imprimeur, car c'est le tirage qui fait la gloire ou le déshonneur de sa maison. En vain les caractères seront-ils neufs et bien alignés, en vain les presses seront-elles en bon état, bien munies d'*étoffes* (*voy. plus bas*); en vain l'encre sera-t-elle de première qualité : si le pressier n'a pas bien lavé, avec une lessive faite exprès, les pages encrassées par l'encre des épreuves, s'il ne s'est pas pourvu de rouleaux ni trop fermes, ni trop mous, s'il n'a pas bien préparé son papier, si enfin il ne fait pas une bonne *mise en train*, tous les soins apportés par les précédents ouvriers seront complétement dépréciés par la physionomie grise, pâteuse, inégale, des feuilles qui sortiront des mains du tireur.

Les inégalités résultent, soit de la mauvaise fonte et de l'usure des caractères, soit des diverses parties de la presse qui sont rarement d'une justesse irréprochable, soit du papier, souvent de médiocre qualité, soit des étoffes de drap, de toile et de soie destinées à adoucir la pression ; ce sont autant d'obstacles que doit lever l'ouvrier.

Pour y arriver, il tire avec précaution un premier exemplaire, et, s'il y reconnaît des défauts, il y remédie en ajoutant à ses étoffes des feuilles de papier qu'il découpe là où l'effet de la pression est trop saillant, qu'il surcharge, au contraire, d'autres feuilles, là où il se montre trop faible. C'est ainsi qu'on voit souvent des ouvriers intelligents passer des heures et même des journées à faire la *mise en train* d'une forme contenant plusieurs de ces vignettes délicates gravées sur bois qui ornent les éditions illustrées, avant d'obtenir un seul exemplaire convenable. Quand ce ne sont pas les vignettes, ce sont les filets, les ornements, les lignes de titres, et surtout les *clichés* qui réclament le plus de temps, selon le degré de perfection que l'on veut atteindre. On comprend que les *clichés*, qui sont des pages de métal mince fondues d'une seule pièce dans des matrices prises sur les caractères mobiles, offrent plus d'inégalité que ces mêmes caractères, qui sont fondus un à un avec une régularité parfaite dans un même moule, et qui offrent, réunis, une surface bien plus résistante en même temps qu'elle est plus unie. — *Voy.* PRESSES D'IMPRIMERIE.

Papier. — Le choix du papier entre pour beaucoup dans la perfection du tirage et dans l'usure des caractères, qui ne résisteraient pas longtemps aux nombreux graviers et aux défectuosités des pâtes inférieures. C'est surtout dans la *trempe* ou mouillure des papiers que le pressier doit montrer son expérience; selon que ce papier est collé ou sans colle, de bonne ou de mauvaise qualité, fort ou faible; selon que le format auquel il est destiné est grand ou petit, composé de pages très-élaguées ou de pages compactes, il doit tremper par immersion ou par aspersion, en modérant selon les besoins l'un ou l'autre mode. Ce trempage ne se fait pas par feuilles de papier, ce qui serait beaucoup trop long et donnerait trop d'eau, mais par poignée de 25 ou 50 feuilles. Quand le nombre de 500, de 1,000 ou de 2,000 feuilles nécessaires pour un tirage est ainsi mouillé, l'ouvrier les met en presse ou les charge assez longtemps pour que l'eau ait le temps de pénétrer toutes les feuilles d'une manière égale; quelque temps avant le tirage il les *remanie*, c'est-à-dire qu'il les prend par petites poignées et retourne les parties les plus humides sur les parties les plus sèches, et *vice versa*, puis il les recharge pour les reprendre au moment du besoin. S'il néglige toutes ces précautions, il éprouve beaucoup plus de difficultés pour son tirage et ne peut même jamais obtenir d'excellents résultats.

Encre et rouleaux. — L'encre d'imprimerie est une matière visqueuse, mélange d'huile de lin bouillie jusqu'à la flamme et de noir de fumée, ou de chrome, de carmin ou de bleu, selon la couleur que l'on veut obtenir. Cette matière ne ressemble en rien aux encres d'écriture.

Les *rouleaux*, mélange de colle forte et de mélasse, fondues et prises ensemble, qui forme une composition douce et élastique très-propre à étendre également l'encre sur les caractères, sont malheureusement sensibles aux variations de la température, et ont souvent besoin d'être changés, tantôt parce que le froid les durcit, tantôt parce que la chaleur les ramollit à l'excès, ou même les fait couler comme de la cire.

Séchage, assemblage, satinage, brochure. — La manutention des papiers imprimés est presque toujours indépendante du travail de l'imprimerie proprement dite, car elle forme à elle seule une branche fort importante qui demande aussi beaucoup de bras et de surveillance. Cependant l'imprimeur en est souvent responsable, soit parce qu'on l'en charge directement, soit parce qu'il veut assurer jusqu'au bout la perfection de son œuvre, qui peut être compromise par un étendage retardé ou trop prolongé (1), par un satinage peu soigné, par une pliure et une brochure négligées, par une couverture placée sans goût, par une rognure faite de travers.

Etoffes. — Les étoffes dont nous avons parlé au sujet du tirage s'entendent, dans ce cas, des morceaux de soie et de toile qui, bien tendus sur un châssis de fer inhérent à la presse, forment le *tympan*, et reçoivent la feuille de papier avant qu'elle touche le caractère, et d'autres morceaux de soie et de drap fin nommés *blanchets*, qui, placés dans le tympan, servent à amortir le foulage de la presse, ménagent ainsi les caractères, et facilitent l'empreinte qu'ils laissent sur le papier. Mais on entend surtout en imprimerie, par *étoffes*, la somme réclamée par le maître imprimeur en sus du salaire régulièrement payé aux ouvriers, pour le couvrir de ses frais et constituer son bénéfice.

(1) Le papier se gâte si l'on ne le fait pas sécher promptement, et se noircit si on le laisse trop longtemps sur les cordes.

IMPRIMERIE (Composition mécanique). — Malgré le peu de succès obtenu jusqu'à ce jour par les machines au moyen desquelles on a tenté d'obtenir la composition par procédés mécaniques, nous avons cru intéressant de nous y arrêter quelque peu, ne fût-ce que pour indiquer les limites dans lesquelles on peut tenter la solution du problème et faire voir combien les résultats se trouvent bornés par l'impossibilité, qui provient de la nature même du travail, de l'effectuer d'une manière entièrement automatique (1).

La composition en tant que lecture du manuscrit et choix des lettres qui doivent former les mots, étant une opération de l'intelligence, le rôle de la mécanique appliquée à la composition, ne peut évidemment consister que dans un moyen qui abrège le temps nécessaire pour prendre la lettre dans le cassetin et la porter sur le composteur. (*Voy.* Imprimerie.) La première idée qui a dû se présenter à l'esprit, a été de chercher à lever la lettre au moyen d'un clavier, comme celui d'un piano, qui répond au problème semblable de disposer les touches sous la main de l'artiste, de manière à ce qu'il puisse les mouvoir avec la plus grande rapidité. Tous les essais ont en effet pris le clavier pour point de départ, notamment celui fait par M. Ballanche, alors imprimeur à Lyon, il y a plus de vingt ans; et on comprendra aisément tout ce que cette idée a de séduisant, si l'on compte le nombre de notes que touche par heure un habile exécutant, et qui dans certains morceaux atteint peut-être 12 à 15,000. Nous verrons bientôt les raisons qui forcent à rester loin en arrière d'une telle vitesse dans l'application du clavier à la composition. Nous commencerons par donner une idée de la machine à composer de MM. Young et Delcambre, destinée à résoudre seulement le problème de la composition par procédé mécanique.

Cette machine suppose la distribution faite par les procédés ordinaires, puis les sortes retirées des cassetins et composées sur des composteurs en bois, sorte à sorte, comme dans la fonderie, façon accessoire que nécessite le système.

Clavier mécanique de MM. Young et Delcambre. — Cette *machine à composer* se compose de quatre parties principales, savoir :

1° Un clavier horizontal portant autant de touches qu'il y a de lettres. Chaque touche porte l'empreinte de la lettre qu'elle doit faire mouvoir. A chacune correspond une tige verticale qui fait mouvoir horizontalement un couteau placé dans un plan supérieur, à chaque mouvement imprimé à la touche. Les voyelles et les consonnes sont placées au milieu, les autres lettres, accents, capitales, etc., sont disposés sur les côtés en rapprochant du milieu les lettres les plus fines, comme le point, la virgule, afin de diminuer la longueur de la course qu'elles ont à faire sur le plateau dont nous parlons plus loin.

(1) Nous extrayons cette partie de l'article du *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

2° Un plan supérieur sur lequel se meuvent les couteaux dont nous venons de parler. A gauche de chacun d'eux est une bande de cuivre presque verticale, creusée à l'intérieur. Dans ce vide se placent les caractères d'une sorte, posant sur leur frotterie, et composés tous du même sens. Chaque mouvement de touche faisant mouvoir le couteau correspondant (un peu moins épais que la lettre de la rainure voisine), une lettre sera poussée, et celle-ci tombera dans le vide qui est pratiqué à côté de l'endroit où elle posait.

3° Un grand plateau en cuivre incliné à 45° placé en avant du plan sur lequel posent les caractères. Dans ce plateau sont pratiquées autant de rainures qu'il y a de lettres, et que celles-ci traversent quand elles viennent de quitter leur composteur. Ces rainures se réunissant toujours de deux en deux successivement, viennent aboutir à une rainure unique, percée à son extrémité d'un trou par lequel vient passer la lettre pour entrer dans le composteur.

4° Un long composteur commençant par un quart de cercle qui commence au vide dont nous venons de parler. La partie circulaire est double, afin que les lettres ne puissent tomber. Une petite roue à excentrique placée au-dessus du vide, et qu'un enfant ou le compositeur font mouvoir au moyen d'une pédale, pousse les lettres arrivées sur le composteur, et fait avancer la composition sur la partie horizontale. A l'extrémité se trouve un compositeur qui prend la composition, en forme des lignes qu'il justifie, place les cadrats, etc.

Cette machine, construite avec grand soin, fonctionne assez bien. Son mécanisme est fort simple, et sauf quelques accidents qui arrivent à l'entrée des lettres dans le composteur, et dont la répétition résulte nécessairement du grand nombre de caractères en mouvement, remplit assez bien son but de machine à composer.

Cherchons maintenant à apprécier les avantages de cette machine :

Vitesse du travail. — Dans les expériences faites en public, sur un quart d'heure de travail la machine n'a guère fait plus de 6,000 à l'heure. Cette vitesse, de près de deux lettres par seconde, nous paraît celle qu'on aura en travail courant; car, si le compositeur peut en faire davantage dans un moment de travail assidu, il faut calculer sur la moyenne d'une journée de dix heures. De plus les lettres fines, qui ont peu de poids étant plus retardées par le frottement (surtout quand elles sont encrassées) que les lettres lourdes, et descendant moins vite, il faut laisser entre chaque appel un léger intervalle pour que la plus pesante n'arrive pas avant la plus légère, quoique ayant été appelée en dernier. C'est exagérer que porter le travail d'une journée de dix heures à 70,000 lettres qui coûtent actuellement 35 fr., à 50 cent. le mille.

Prix de revient. — Pour que la machine fonctionne régulièrement, il faut :

Un compositeur au clavier, d'une habileté spéciale, dont nous estimons la journée d'un travail aussi fatigant à	7 fr.
Un justificateur fort habile	6
Un ouvrier et un apprenti pour distribuer, et c'est le moins pour fournir 7,000 à l'heure	8
Deux femmes pour vider les cassetins et composer les sortes. La composition de 70,000 en fonderie coûterait au moins 3 fr. 50; nous compterons	4
Une personne pour remplir les réservoirs et surveiller la descente des lettres dans ceux-ci	3
Un enfant pour surveiller l'entrée des lettres dans le composteur, que ne voit pas le compositeur	2
Total.	30 fr.

C'est-à-dire une économie de 1/7, en ne tenant pas compte de la correction sur le plomb, qui est actuellement à la charge du compositeur, et pour laquelle il faudrait peut-être la moitié de la journée d'un ouvrier, ce qui mettrait le prix de revient à 33 francs.

Cette économie est insuffisante pour compenser le prix d'achat de la machine, les dépenses d'entretien, les chances d'un avantage nul, et même de pertes toutes les fois que le compositeur serait obligé de ralentir ou d'arrêter par difficulté de lire la copie, ou par un accident quelconque. Aussi depuis quelques années qu'elle a été introduite en France, n'a-t-elle pris aucun développement.

Machine à distribuer de M. Gaubert. — Le projet de distribuer les caractères par l'effet d'une force mécanique et inintelligente, paraît certainement au premier abord un des plus extraordinaires qu'on puisse imaginer. L'habitude de voir l'ouvrier lire le mot, dont il partage les éléments dans les cassetins, est cause que l'on considère habituellement cette opération comme une œuvre d'intelligence. En y réfléchissant, cependant, on conçoit qu'il est possible de distinguer les caractères, soit par leurs epaisseurs soit par des crans, de telle sorte qu'on puisse les classer indépendamment de la lettre qu'ils représentent. C'est ainsi qu'à opéré M. Gaubert.

Les caractères provenant de la distribution étant tous rangés les uns à la suite des autres et à plat dans les rainures d'une plaque (nous dirons plus loin comment on parvient à leur assigner cette position), entrent un à un dans un premier compartiment, que nous pourrions comparer au sas d'écluse d'un canal de navigation; la porte d'amont s'ouvre, un caractère entre. Les dimensions de l'écluse sont réglées de façon à ce qu'un seul caractère puisse être reçu à la fois. La porte d'amont se referme, la porte d'aval s'ouvre à son tour pour le laisser descendre; les portes manœuvrent sans cesse (par un mouvement de va-et-vient) et tous les caractères franchissent l'écluse à leur rang. Voici à quel traitement le caractère est soumis à son passage dans l'écluse: chaque caractère, ainsi momentanément parqué dans le sas de l'écluse, est comme exploré dans toute sa longueur, nous pourrions dire plus exactement encore, est comme sondé dans toutes ses parties par des aiguilles verticales, que des ressorts appuient sur toute sa surface. Le caractère se trouve ainsi soumis, dans toute son étendue, à l'action des aiguilles, comme les cartons de la Jacquart, sur lesquelles s'appuient de nombreuses tiges métalliques, toujours prêtes à s'engager dans les ouvertures dont ils sont convenablement percés pour opérer la levée de certains fils de chaîne et former le dessin de l'étoffe. Comme le carton, le caractère a ses ouvertures, seulement elles ne consistent qu'en de simples encoches pratiquées sur ses flancs (des *crans*), elles varient en nombre et en distance entre elles pour chaque espèce de type différent. Une partie des aiguilles buttent contre la masse solide du caractère, quelques-unes tombent sur le vide des encoches et s'y enfoncent. Le nombre et la situation des aiguilles pénétrantes, en assignant une position particulière à un canal mobile de raccordement entre l'écluse et les réceptacles, règle la case dans laquelle le caractère ira forcément se rendre à la sortie de l'écluse. Le problème d'une direction spéciale et certaine à donner à de nombreux caractères vers le seul réceptacle qui leur convient, tout compliqué qu'il est, se trouve cependant ainsi résolu simplement par l'action de telle ou telle aiguille, dans telle ou telle encoche.

Il ne nous reste plus qu'à expliquer comment l'inventeur parvient à disposer les lettres d'une manière convenable à leur entrée dans l'écluse.

Imaginons des masses de caractères pris et jetés au hasard sur un plan incliné, garni de petits canaux longitudinaux; un léger mouvement de sassement suffit pour ébranler les caractères: ils se désunissent, se couchent, tombent dans les canaux, les uns parallèlement à leur direction, les autres formant avec les rigoles des angles divers. Les premiers caractères, bien engagés dès leur principe, continuent leur descente; les autres, heurtés par leurs extrémités contre des obstacles verticaux entre lesquels ils sont contraints de passer, prennent bientôt une position semblable à celle des premiers. La superposition longitudinale, et dans le sens des canaux, de plusieurs caractères tombés les uns sur les autres, peut se présenter; elle doit être détruite: il suffit pour cela de les faire passer pendant leur descente dans une portion de canal doublement incliné, et sur le sens longitudinal et sur le sens transversal. Les rebords de cette partie sont plus bas que le plus mince des caractères; tous ceux qui jusque-là ont cheminé superposés, ne peuvent éviter, en cet endroit, d'être entraînés latéralement par

le seul fait de leur propre masse. Ils tombent dans un récipient spécial, d'où ils sont repris pour courir plus efficacement, une seconde fois, les chances d'un meilleur engagement dans les canaux du plan incliné.

Nous avons décrit l'opération à laquelle est soumis le caractère arrivant par le plan incliné, dans une position normale : celui-ci, reconnu de son espèce, est de suite dirigé par le canal de raccordement vers son réservoir définitif. Il en est autrement des caractères arrêtés dans l'écluse dans une position vicieuse; il importe de la rectifier : les aiguilles, par rapport avec les crans, s'acquittent de cette fonction avec une rigoureuse fidélité; un cran spécial, dit cran de retournement, est pratiqué dans tous les caractères, et à la même place. Suivant la position du caractère dans la même écluse, ce cran correspond à des aiguilles différentes; or, le caractère peut être mal tourné de trois façons; il peut être couché l'œil en bas vers l'un ou l'autre flanc, ou bien encore l'œil en l'air, mais sur le mauvais côté. Pour détruire chacune de ces trois fausses positions, la pénétration d'une aiguille spéciale dans chacun de ces cas particuliers fait prendre au canal de raccordement une position telle, que le caractère, au lieu d'être dirigé vers son récipient définitif, est conduit à une série de trois écluses nouvelles, toutes trois à sas mobiles, mais chacune suivant un mode particulier; le sas de la première écluse (l'écluse tout entière), tourne sur lui-même suivant un axe longitudinal; celui de la seconde suivant un axe vertical, le troisième pivote sur un axe transversal.

Par une féconde et constante application du principe du rapport des aiguilles aux encoches, c'est le vice lui-même du caractère qui détermine le choix du sas d'écluse dans lequel il sera détruit. Le caractère versé d'un flanc sur l'autre, tourné ou culbuté bout pour bout, sort du sas rectificateur pour continuer sa descente et aller rejoindre dans son réceptacle propre les caractères de son espèce. Il est difficile de rien trouver de plus ingénieux que ces moyens de faire prendre aux caractères une position déterminée. Néanmoins nous avouerons franchement qu'ils ne nous semblent pas suffisants. Quel est l'obstacle qui s'oppose à ce que des caractères glissent sur leur force de corps? Quelle est la cause qui fera glisser un tiret (—) ou une lettre large, plutôt sur un sens que sur l'autre? Comment les lettres collées ensemble se sépareront-elles? Mais de plus est-il bien prudent de soumettre le caractère à un mouvement de sassement qui fasse frotter l'œil de la lettre contre des parties dures, et l'usure du caractère n'en deviendra-t-elle pas bien rapide?

Il nous semble qu'on est parti d'un principe trop général en voulant distribuer le caractère mis en pâte. Ce n'est pas ainsi qu'il se trouve dans l'imprimerie, mais bien à l'état de composition devenue inutile par le tirage et par conséquent tous les crans tournés du même côté. Ne serait-il pas possible, en rangeant les lignes de la distribution dans la rainure d'une longue règle dans laquelle une pression les ferait avancer, de faire successivement tomber chaque lettre qui vient se présenter à l'extrémité de ce composteur par une pression exercée sur le côté. De cette manière les caractères se trouveraient de suite bien disposés et toujours séparés; ce qu'on n'obtiendra jamais sans un certain effort pour vaincre l'adhérence qui réunit toujours plusieurs lettres après le lavage de la forme.

Voici le prix de revient du travail fait avec cette machine. Cherchons à évaluer approximativement les résultats probables de la réunion de cette machine avec la précédente.

Evaluant à 70,000 lettres le travail de la machine en dix heures de travail, il faut pour le travail :

Un compositeur au clavier, d'une habileté spéciale, par jour	7 fr.
Un justificateur fort habile pouvant relever le compositeur qui est au clavier	6
Un apprenti qui place la distribution sur le plan incliné, ôte les cadrats, les interlignes	3
Une personne intelligente qui surveille la descente des lettres, fait arrêter dès qu'un dérangement a lieu, ce que ne pourrait faire le compositeur sans perdre beaucoup de temps	4
Correction nécessaire pour les erreurs commises, soit par le compositeur, soit par la machine, 1/2 journée	3
Force motrice nécessaire à un homme pour deux machines	1 50
Augmentation du prix des fontes résultant de la nécessité de faire les crans, évaluée (autant qu'il est possible) au plus bas, à	1 50
Total....	26 fr.

C'est donc une économie de 1/4 environ qui serait assez notable en admettant, bien entendu, que son travail sera régulier et exempt d'accidents et de dérangements fréquents, car ce n'est que de ce jour-là que la machine existera, commercialement parlant, et cette machine, comme nous l'avons dit, n'a pu encore être amenée à cet état; la multiplicité des éléments sur lesquels il faut agir doit bien faire douter qu'il soit possible d'y parvenir.

Nouvelles machines à imprimer et à composer. — M. Eugène Roujat est parvenu, au moyen d'une machine typographique construite d'après le principe d'un système de forces cylindriques, à produire un tirage beaucoup plus rapide et bien plus économique que ceux obtenus jusqu'à ce jour. En effet, jusqu'à présent le tirage s'est opéré au prix de 5 francs la rame ou 10 francs le mille, de sorte qu'un journal qui a vingt mille abonnés dépense 200 francs par jour uniquement en frais de tirage. En quatre heures, cent mille exemplaires peuvent sorsortir des presses de M. Roujat, à raison de

vingt, vingt-cinq mille à l'heure et presque sans frais.

Un ingénieur français est parvenu, à l'aide d'une nouvelle machine, à composer activement et à peu de frais les caractères mobiles d'imprimerie. Cette machine qui adû figurer à l'exposition de Londres, et qui n'a recours ni au clavier, ni à la ligne continue, ni à aucun autre système déjà employé, réunit dans son ensemble un distributeur et un compositeur, ayant chacun, casiers compris, 74 centimètres de large sur 1 mètre de hauteur et 20 centimètres de profondeur. Dans cet espace restreint sont contenues les soixante-quatorze mille lettres nécessaires à la journée du compositeur. Les mêmes casiers s'adaptent alternativement au distributeur et au compositeur.

La disposition des nouvelles casses permet à un homme de composer de quatre caractères différents, *romain* ou *italique*, sans démonter les casses et sans quitter sa place. La machine distribue, compose, justifie et interligne à une vitesse de dix mille lettres à l'heure; elle ne nécessite, pour le compositeur, aucun nouvel apprentissage (1).

IMPRIMERIE EN TAILLE-DOUCE. — Ce genre d'imprimerie a pour but de tirer des épreuves des planches gravées en creux, au moyen des procédés que nous avons indiqués à l'article Gravure. Ce résultat est obtenu par deux opérations qui consistent : 1° à remplir de noir les tailles de la planche, à encrer; 2° à exercer une pression sur la feuille de papier placée sur la planche, à la faire passer sous une presse.

1° *Encrage de la planche.* — On distingue deux procédés pour encrer, au chiffon et à la main.

2° *Encrage au chiffon.* — Pour déposer l'encre sur la planche et la faire entrer dans les tailles, on se sert d'un tampon fait avec des linges enroulés les uns autour des autres. On le promène sur la planche, après l'avoir garni d'encre en appuyant assez fortement sur les tailles; et balançant constamment la main, de gauche à droite et de droite à gauche.

Pour les parties où les travaux sont larges et profonds, il convient de faire pénétrer pour les premières épreuves l'encre avec le doigt pour qu'elle arrive bien au fond.

L'encre étant d'autant plus ferme que le tirage doit être plus parfait, on facilite le bourrage de la planche en la posant sur un gril posé au-dessus d'un fourneau contenant du poussier de charbon, qui donne un feu doux, pour chauffer la planche.

La planche étant ainsi couverte d'encre, il faut essuyer toutes les parties qui doivent rester blanches sur l'épreuve, pour qu'il ne reste d'encre que dans les tailles. Pour cela, avec un premier chiffon à moitié sale, que l'on passe légèrement sur la planche, on enlève la majeure partie du noir; puis avec un chiffon demi-gras, on essuie les bords, en appuyant et promenant franchement le chiffon d'une extrémité à l'autre de la planche. On ôte celle-ci de dessus le gril, et on la place sur la boîte d'essuie. On jette alors sur la planche quelques gouttes d'eau, dans laquelle on a dissous un peu de potasse et de chaux, et prenant deux chiffons légèrement humides, le premier déjà un peu sale, le second propre, on essuie successivement avec ces deux chiffons la surface de la planche. Il faut bien remarquer que l'imprimeur ne doit jamais essuyer dans le sens des tailles, mais bien transversalement, pour ne pas dépouiller celles-ci et ne pas enlever le noir.

3° *Encrage à la main.* — L'encrage à la main est employé surtout pour les gravures très-soignées, et pour lesquelles par suite on emploie de l'encre forte; on applique celle-ci avec le doigt sur les principaux travaux. On l'étale ensuite avec le tampon. Cela fait, on essuie les bords et on dégrossit avec un chiffon sec; puis, avec une poignée de mousseline sale on éclaircit les blancs. Cela fait, on passe la paume de la main par un mouvement brusque et on enlève ainsi l'encre qui reste sur les plats, avec une grande perfection, en coupant franchement l'encre qui se trouve dans les tailles. On a soin d'avoir toujours la main sèche en l'essuyant avec un chiffon et la dégraissant en la passant sur un pain de blanc d'Espagne.

Du tirage. — La presse en taille-douce se compose essentiellement de deux rouleaux en bois, entre lesquels passe une table également en bois. Ces deux rouleaux étant plus ou moins rapprochés au moyen de cales placées dans les rainures des deux montants de la presse renfermant les boîtes dans lesquelles tournent les tourillons, donneront une pression plus ou moins considérable sur la table. Plaçant donc sur celle-ci la planche gravée après l'avoir encrée, plaçant dessus le papier humecté, et par-dessus plusieurs langes pour donner du foulage, l'impression s'obtiendra en faisant passer le tout entre les rouleaux, au moyen des bras de la croisée assemblée à l'extrémité du rouleau supérieur.

INCENDIE (Machines contre l'). — On nomme incendie toute destruction entière ou partielle d'édifices, de navires, de matières combustibles, de récoltes, produite par le feu. Partout où la civilisation s'est développée, l'autorité a prescrit des mesures destinées à prévenir les incendies; des secours ont été organisés successivement avec sollicitude et intelligence. Les communes ont été pourvues de pompes; dans les plus considérables, des compagnies de sapeurs-pompiers ont été instituées; enfin, dans les villes, on a multiplié et perfectionné progressivement les moyens de secours, et l'on y a ajouté des machines et des ustensiles propres au sauvetage des hommes et des effets. Nous ne nous occuperons pas ici des pompes à incendie; cet appareil, qui n'est autre qu'une pompe aspirante et foulante avec réservoir d'air, est connu de tout le monde;

(1) *Belgique industrielle* du 9 janvier 1851.

nous nous contenterons de mentionner, avec le *Dictionnaire des découvertes*, quelques appareils de sauvetage.

Inventions de M. Désaudray. — An VI. — On a fait l'essai au lycée des Arts, séance du 9 pluviôse, d'une échelle contre l'incendie présentée par M. Desaudray. Le développement s'en est fait avec le plus grand succès, et cette invention ingénieuse a été vivement applaudie. Le lycée a arrêté qu'une députation irait faire l'hommage de cet appareil au gouvernement. Nous n'avons pu nous procurer aucun renseignement sur l'échelle dont M. Désaudray est l'inventeur, et dont celles inventées depuis paraissent avoir fait perdre de vue les avantages.

M. Audibert. — An VIII. — L'appareil de l'auteur est composé d'une tige de fer creuse d'un mètre de longueur à peu près ; au haut de cette tige est une croix formée de deux plans parallèles qui servent de joues à cinq poulies dont les axes creux sont très-gros, ce qui est très-nécessaire pour augmenter leur force et leur frottement. Au bas de la tige de fer est une courbe, formée également de deux plans et qui sert en même temps de joues à une poulie inférieure et à selle pour placer le pompier qui doit manœuvrer. Le long de la tige, et vers le milieu, sont deux crochets presque horizontaux avec une boule, et une courroie est placée entre les deux crochets ; l'appareil est accompagné de deux harnais pour les personnes que l'on veut sauver. Ces harnais sont composés d'une selle à coulisse, pour que dans les différents mouvements la personne se trouve commodément placée ; cette selle est attachée devant et derrière à une ceinture retenue elle-même par deux courroies qui passent sur les épaules de la personne secourue. Au milieu de la ceinture est attachée par un mouvement à pivot la courroie, qui à son autre extrémité porte un anneau qui doit s'accrocher au haut de la tige de fer et y suspendre dans une attitude commode et verticale la personne en danger. Le pompier chargé de cet appareil cherche dans les maisons voisines une issue pour parvenir sur la toiture de la maison incendiée. Arrivé à peu près au-dessus des fenêtres, il attache les extrémités d'une corde à quelques parties de la toiture ; cette corde passe en zigzag remontant et descendant entre quatre poulies ; la partie supérieure de la tige descend ensuite, enveloppe la poulie inférieure, et remonte sur la cinquième poulie supérieure, d'où elle retombe dans la rue. Le pompier se place ensuite sur la selle, et, s'attachant à la tige au moyen d'une courroie qui soutient le milieu de son corps, il fait passer la corde sur un des crochets qui tient à la tige, ce qui lui sert de retenue ; il laisse filer la corde et descend jusqu'à la fenêtre où sont les personnes qu'il veut sauver. S'il s'en trouve trop éloigné, il jette un bout de corde dont l'autre extrémité tient à la cage, et le moindre effort l'y amène. Il replie ensuite sa corde autour de deux crochets de la tige et s'y fixe au moyen de la courroie à boucle qui tient à cette tige. La machine étant arrêtée, il quitte son appareil et entre dans les chambres. Au moyen des harnais il suspend à différents crochets fixés à la partie supérieure de la tige les personnes secourues, et, se plaçant sur la sellette, il redescend avec cette charge jusque dans la rue. La machine ainsi chargée et la corde passant sous un seul crochet après avoir enveloppé toutes les poulies, et seulement retenue par la main en contre-bas, peut aisément être arrêtée à l'aide d'une force de trois ou quatre kilogrammes, et accélérer ou ralentir à volonté la descente. Cet appareil ingénieux, très-simple et d'une faible dépense, et qui peut être transporté par un seul homme sur tous les points d'un bâtiment incendié, a mérité l'approbation de l'Institut et du Gouvernement. Les expériences faites en présence du préfet de la Seine et de plusieurs savants ont prouvé que la machine de M. Audibert présentait les avantages suivants : célérité et sûreté pour le pompier, facilité à hisser et diriger les pompes sur le foyer de l'incendie, secours infaillibles pour les personnes qui, habitant au-dessus du foyer du feu, n'ont pas eu de moyens de salut. Cette machine, du poids de quinze livres, au plus, peut être facilement portée en tous lieux ; on peut descendre six personnes en même temps de la plus grande hauteur.

M. Regnier, de Paris. — An XI. — Les conditions générales à remplir dans la construction des machines contre l'incendie sont : 1° que leur transport et leur manœuvre soient aisés et simples, afin que dans les cas toujours imprévus où elles devront être utiles, elles arrivent promptement au lieu de leur destination et puissent être mises en œuvre par des hommes peu exercés ; 2° qu'elles s'adaptent aux diverses configurations locales dépendant des largeurs et pentes de rues, des distributions et des hauteurs de maisons ; 3° que leur construction les rende propres à être, pendant la manœuvre, le plus possible à l'abri de l'action des flammes : 4° qu'on puisse, par leur moyen, sauver les femmes, les enfants, les vieillards, les malades et les autres individus à qui l'épouvante ôterait toute présence d'esprit ; 5° enfin, que les changements de forme qu'éprouvent les bois employés ne puissent pas les mettre hors de service et n'apportent pas d'obstacles sensibles à la facilité de leur manœuvre. Or, les expériences suivantes ont été faites en présence des membres de la Société d'encouragement sur l'échelle imaginée par M. Regnier : quatre hommes placent la machine au milieu d'une cour, deux d'entre eux montent sur les échelons de la caisse, et, par une manivelle, en font sortir successivement, en trois minutes, quatre autres échelles à cric prolongées au bout l'une de l'autre à cinquante-deux pieds de hauteur. En même temps, un autre ouvrier, en dévidant un rouleau attaché à une seconde manivelle, fait descendre perpendiculairement et avec la plus grande vitesse une chape à poulie destinée à recevoir un

sac ou un panier pour sauver les personnes malades ou infirmes par les fenêtres, sans descendre par les échelons. Cette expérience, faite dans tout le développement de l'échelle isolée, prouve sa solidité, puisque la partie supérieure, quoique non appuyée, n'a fléchi en aucune manière. Ensuite on a fait avancer la machine au pied du mur du bâtiment, et on a fait appuyer la partie supérieure de l'échelle sur un tuyau de cheminée assez élevé pour permettre de la développer en son entier. Aussitôt deux hommes sont montés l'un après l'autre jusqu'au sommet de l'échelle et ont fait voir qu'ils auraient pu verser de l'eau par le tuyau, s'il eût été nécessaire. Un contre-mur saillant semblait d'abord former obstacle au passage de l'échelle ; mais, au moyen d'une vis de rappel, elle s'est redressée et a passé sans toucher à la saillie : après quoi, reprenant son inclinaison au moyen de cette même vis, elle s'est appuyée sur l'extrémité supérieure du tuyau de la cheminée. Cette machine est composée ainsi qu'il suit : un chariot à roues basses dans la voie ordinaire, comme ceux du commerce pour le transport des marchandises dans les villes, supporte tout l'appareil; quatre vis d'empâtement sont fixées à écrou au châssis du chariot pour l'arrêter solidement sur le pavé et pour le maintenir horizontalement quand les rues ont de la pente. Un bâti en pied-de-grue est mobile sur son axe pour tourner l'échelle sur son pivot sans déranger le chariot de sa place. Une caisse adaptée sur le même chariot renferme quatre échelles à coulisse les unes dans les autres. Cette caisse forme elle-même une échelle d'environ quatre mètres de long; elle est montée sur deux tourillons comme un fléau de balance, afin de pouvoir lui donner une situation horizontale pour passer sous les portes cochères les moins élevées et pour remiser la machine commodément ; une vis de rappel en forme de vis de pointage sert à incliner ou à redresser l'échelle plus ou moins quand elle est dans la position verticale. Un engrenage à cric double fait sortir successivement les échelles renfermées dans la boîte, en tournant la manivelle du pignon. Les cliquets du pignon retiennent les échelles à tous les degrés de hauteur que l'on désire. Un crampon d'arrêt fixe ces échelles au point convenable pour cheviller sans assemblage au sortir de la caisse. Les échelles à coulisse sont garnies de crémaillères doubles; il y a deux marche-pieds sur lesquels se placent deux hommes à chaque côté de la caisse pour faire sortir ou rentrer les échelles en tournant les manivelles du pignon. Des griffes de fer garnies de roulettes d'acier, taillées en dents de scie, servent à former l'appui de l'échelle sur le mur de la maison. Un sac ou un panier suspendu sur des poulies mouflées à la partie supérieure de l'échelle sert à sauver les personnes malades qui ne peuvent pas descendre par les échelons : les cordes du sac se divisent sur un rouleau à manivelle. Lorsque le chariot est en face de la maison à laquelle on veut apporter du secours, les deux hommes placés sur les marche-pieds de la pièce peuvent, en moins de trois minutes, donner tous les développements de l'échelle, qui s'élève à dix-sept mètres de hauteur, et pendant que les personnes les plus courageuses se sauvent à la file par les échelons, celles qui sont infirmes ou les enfants peuvent être descendus sans danger par le sac. Si ensuite l'incendie augmente et que l'on craigne l'inflammation de l'échelle, elle peut être retirée à l'instant en la réduisant à sept mètres de hauteur. Alors un pompier peut se tenir au-dessus isolément, à une distance convenable pour n'être point atteint par les flammes et pour diriger directement le jet de la pompe au centre du foyer. Par cette seule disposition, on voit combien cette échelle peut faciliter le service des pompiers et arrêter promptement les progrès de l'incendie. Dans les arts, on peut également se servir de cet appareil soit pour faire de légères réparations à des parties élevées des bâtiments, soit pour établir des décorations dans des fêtes publiques, soit enfin pour prendre des mesures et des dimensions pour des ouvrages de construction. A la guerre, une semblable machine pourrait être utile, moyennant quelques modifications, pour servir à des escalades et pour établir des signaux ambulants. D'après ce qui vient d'être dit, il ne peut rester aucun doute sur la perfection de cette intéressante machine, qui réunit, à toute la simplicité qu'elle comportait, une extrême facilité dans la manœuvre et la plus grande solidité.

M. Trichard, *de Paris*, an XII. — L'auteur a trouvé le moyen d'introduire un ou plusieurs hommes dans une maison où est le feu, et à tel étage que ce soit ; il a de plus donné la facilité de sauver les individus logés dans une maison incendiée et d'enlever les papiers, bijoux et effets précieux. Pour le premier moyen, on scelle sur la corniche au haut du mur une forte tige en fer, saillante de 70 millimètres, portant à son extrémité une poulie semblable à celle des réverbères ; à 12 centimètres au-dessous de cette partie, on place un fort piton dont l'ouverture est ovale, et se présente verticalement dans la ligne d'aplomb de la poulie. Dans le bas de la maison, on scelle dans la même ligne d'aplomb, à 4 ou 5 mètres du pavé, une boîte en fer portant en dedans un crochet et fermant à clef, et près du pavé on scelle un piton. Cet appareil doit toujours être placé à 33 centimètres (1 pied) de distance de la ligne des croisées. Au crochet de la boîte en fer, on fixe par un bout une corde de laiton dont l'autre extrémité est passée dans la poulie du haut, et reste suspendue en l'air par une boule en fonte du poids de 1 kilogramme. Cette boule sert de contre-poids quand l'appareil est en repos, et de bascule quand il agit. Si l'on se sert de cet appareil, on parvient à la boîte en fer avec l'échelle dont on va parler; on décroche la corde de laiton, on y attache une corde de 15 à 18 cen-

timètres de circonférence, on la file à la main. Le contre-poids fait bascule, entraîne le fil de laiton, puis la corde qui va passer dans la gorge de la poulie, et l'on amène ainsi la corde jusqu'à terre. Quand on la tient par les deux bouts, on attache à l'un d'eux une échelle en corde qui est composée, 1° de deux montants en corde, 2° de rouleaux en bois de frêne formant échelons, à l'extrémité desquels sont des rondelles de bois, afin de lui donner un écart suffisant du mur pour poser les pieds et les mains avec facilité, 3° d'un crochet en fer qui porte à son sommet un anneau où s'attache la corde servant à monter l'échelle. Lorsqu'elle est rendue en haut et que le crochet touche la poulie, on lâche la corde; le crochet tombe dans l'anneau inférieur, l'échelle est suspendue; une forte courroie l'attache par le bas au piton placé près le pavé, l'échelle est fixée contre les murailles. Si l'on veut la décrocher, on l'enlève en tirant la corde, on l'écarte du mur, on lâche la corde, le crochet évite l'anneau fixé dans le mur, et l'échelle descend. Cet appareil à demeure ne coûte que 30 francs. Voici l'appareil qu'exige le deuxième moyen : 1° une nacelle en osier en forme de caisse de berline sans impériale et sans autre ouverture latérale qu'une seule du côté de la croisée de la maison; 2° une perche montée sur un chevalet en fer arrive à l'autre bout d'un sergent qui sert à la fixer à toutes croisées; 3° une barre de bois de frêne avec une chaîne et une vis de rappel; on la place en travers de toute ouverture. La chaîne et la vis fixent plus solidement la perche et le sergent; 4° enfin les cordes ordinaires. Le tout est porté sur un petit chariot à deux roues, quatre traverses de bois forment le train qui porte la nacelle. La traverse de derrière se place et s'enlève à volonté pour poser la nacelle; à la traverse de devant tient un petit train pour conduire le chariot. Dans la nacelle se placent le sergent, la barre, les cordes, les deux redelles, de 2 mètres chacune, détachés et aboutis; l'un et l'autre forme l'échelle pour atteindre la boîte du premier appareil. La nacelle à 7 décimètres (27 pouces) de large. Tel est le deuxième appareil. Les hommes qui, au moyen de l'échelle, sont parvenus dans la maison où est le feu, ont avec eux un paquet de cordes roulées et attachées derrière eux à une ceinture de cuir; parvenus à la croisée, ils jettent la pelote de cordes en bas et en gardent un des bouts; ceux qui sont en bas attachent à cette corde la poulie, le sergent, le câble qui doivent enlever la nacelle. Les hommes placés en haut retiennent la corde, et ceux d'en bas la dirigent comme un hauban, pour empêcher la poulie de s'arrêter. Le tout parvenu à la croisée et mis en place, la corde passée dans la poulie et le tout jeté en bas; pendant ce temps on a passé l'autre bout de corde dans la poulie du renvoi placée dans le milieu de la nacelle, afin qu'elle soit toujours horizontale malgré la direction de la corde tirante. On enlève la nacelle en se tenant du côté opposé, pour que la corde forme la diagonale d'un parallélogramme dont les maisons seraient les côtés, afin d'éviter que la flamme ne puisse atteindre la nacelle ou les cordes. La nacelle va s'appliquer contre la croisée où est le sergent, on y présente son ouverture latérale, en sorte qu'on peut s'y placer sans voir la flamme ni la profondeur où l'on descend, et même sans éprouver le moindre saisissement. Cette expérience a eu lieu dans la rue de Turenne en onze minutes; et il faut observer que si cette même expérience avait été faite par des pompiers, ils auraient gagné quatre à cinq minutes sur les onze minutes employées par les hommes qui n'en avaient pas l'habitude.

Sur plusieurs objections faites à M. Trichard, il a répondu que la direction en diagonale des cordes et de la nacelle les éloignait de la flamme, que la rapidité du mouvement ne laisserait pas à la flamme le temps d'agir, qu'enfin on pouvait revêtir d'un enduit de chaux et sable le fond de la nacelle et le surplus avec une décoction d'alun. Dans le cas où la nacelle et la corde seraient exposées aux flammes, on peut en prévenir l'incendie par le moyen déjà indiqué ci-dessus, par la direction en diagonale, ou en dirigeant le jeu d'une pompe contre la nacelle. Cette machine de M. Trichard paraît remplir le but que s'est proposé l'auteur, excepté dans le cas où les fenêtres donneraient sur une cour trop étroite ou sur un canal; mais l'échelle de cordes peut y suppléer et donnerait la facilité d'établir un pont volant d'une croisée à l'autre. Le prix d'une machine complète pour le secours contre les incendies est de 1200 francs chez l'auteur, M. Richard, rue Fréron numéro 23, et l'échelle séparée coûte 2 francs 50 centimes le pied. En 1807, l'établissement de l'appareil de M. Trichard a été autorisé au Théâtre de l'Académie de musique, par le conseiller d'État, préfet du département de la Seine, qui a arrêté qu'un semblable appareil, composé de ses équipages, serait acheté par la ville de Paris, et placé au chef-lieu des pompiers pour servir à l'enseignement que l'auteur offre de donner des manœuvres propres à l'application de ce même appareil.

Importation, M. Danjou, de Paris, 1808. — Molard a fait un rapport sur l'appareil à incendie de M. Danjou. Cet appareil est une espèce de couloir en toile, nommé *sac de Genève*, au moyen duquel des personnes placées à des étages élevés peuvent en descendre promptement, lors même que l'incendie ne laisserait aucun autre moyen de salut. Ce sac est composé : d'une pièce de forte toile de 22 mètres de long sur 2 mètres de large, dont on a réuni les deux lisières avec un petit cordage passé dans les œillets. La gueule du sac est terminée par un châssis qui s'applique contre la fenêtre par laquelle les personnes que l'on veut sauver peuvent passer, et que l'on y fixe au moyen d'une barre de bois placée en travers, et par de fortes courroies à une distance de

1 mètre et demi de la gueule ou sac. Il y a un nœud coulant formé par une corde qui passe dans des anneaux de fer, et qu'on peut manœuvrer étant à terre. Ce nœud coulant est destiné à mettre des intervalles entre les objets ou les personnes qu'on descend dans le couloir. Le sac est fermé par un cercle de fer qui tient un des bouts de la toile, qui en forme le rond, et contre lequel les objets s'arrêtent. L'échelle d'escalade dont se sert M. Danjou pour enlever le sac est composée de trois parties montées sur un chariot avec un hissoir, de manière qu'on peut les diriger à volonté, et qu'en tournant une manivelle l'échelle se développe et s'élève à environ 16 mètres.

C'est avec cette échelle qu'on s'élève jusqu'à la croisée, et qu'entré dans l'appartement, on fait les manœuvres nécessaires pour monter le sac et le fixer solidement avant de s'en servir. Il ne faut pas plus de trois minutes pour élever l'échelle, monter et fixer le sac, et faire descendre une personne. Les commissaires de la société ont proposé de ***mentionner honorablement*** les efforts de M. Danjou, et cette proposition a été adoptée en séance, le 13 juillet 1808. (Société d'encouragement, 1808, tome VII, page 167; *Annales des Arts et Manufactures*, tome XXXI, page 213).

Invention de M. Zoandeau, sous-directeur des travaux de l'école des Arts et Métiers de Châlons, 1810. — L'échelle dont cet artiste est l'inventeur se compose principalement de deux systèmes de parallélogrammes combinés ensemble de manière qu'ils se développent en même temps par un seul et même moteur, et se maintiennent en se consolidant mutuellement à mesure que l'échelle s'élève. Le mécanisme est porté sur un chariot qui maintient l'échelle d'aplomb quelle que soit l'inégalité du terrain. L'échelle est terminée par une galerie, qui monte avec elle un tuyau de pompe à incendie, et qu'on peut approcher de la partie du bâtiment où est le danger, sans changer le chariot de position. Deux autres manivelles servent à monter et à descendre ces parallélogrammes ainsi qu'à les maintenir fixes à la hauteur que l'on désire. Cette machine se fait remarquer par la combinaison ingénieuse des deux systèmes de parallélogrammes, et par les moyens mécaniques particuliers dont l'auteur s'est servi pour niveler et fixer le chariot, ainsi que pour incliner l'échelle vers le bâtiment qui a besoin du secours des pompiers.

M. Begnier, 1811. — Une nouvelle échelle à incendie, imaginée par cet habile mécanicien, est faite en bois de sapin et de chêne, et composée de trois petites échelles de 4 mètres de longueur (12 pieds), qui se meuvent à coulisse l'une dans l'autre. Elles peuvent se prolonger d'échelon en échelon par une espèce de déclin fort simple, jusqu'à la hauteur de 11 mètres (33 pieds), sans avoir besoin de cordes ni de chevilles pour les fixer au degré d'allongement qu'on veut donner à l'appareil. Ces échelles, qui n'en forment qu'une ordinairement, se séparent les unes des autres quand on veut avoir trois échelles différentes; et, quoique leurs assemblages soient consolidés par des liens de fer, le poids total n'excède pas 60 kilogrammes (120 livres). M. Begnier a eu en vue, en composant ce nouvel appareil, de simplifier celui dont nous avons parlé en l'an XI, afin de le rendre propre à l'usage des petites villes et bourgs. L'appareil dont il s'agit ici et qu'on doit au même auteur, se compose seulement de deux cordes fixées sous la tablette supérieure de la croisée la plus élevée de la maison où le feu commence à se manifester, et d'un panier en forme de niche. On passe les cordes dans deux poulies attachées au haut du panier; des hommes placés au bas de la maison, en tenant l'autre extrémité des cordes, et s'éloignant l'un de l'autre, font monter le panier qui va chercher les personnes en danger, et redescend par son poids, pendant que les hommes se rapprochent. Indépendamment du moyen de secours que ce procédé peut offrir, il serait susceptible de plusieurs applications dans les arts, le panier pouvant élever 80 livres jusqu'au quatrième étage, et recevoir plus du double en pesanteur en descendant.

M. de Custera, de Paris, 1819. — La machine inventée par l'auteur est destinée à suppléer celle de M. Begnier (*Voy.* l'article précédent) dans les circonstances où cette dernière ne peut être employée, c'est-à-dire où l'on ne peut donner aux cordes un développement assez considérable pour déterminer l'élévation du panier. Alors M. Custera place à la partie supérieure de son panier de secours un double treuil ou deux lanternes de diamètres différents, sur un seul axe horizontal, à chacun desquels est attachée une corde d'une longueur proportionnée à la hauteur de l'édifice auquel le moyen de secours est appliqué. La corde du petit tambour est fixée par son autre extrémité à un crochet mobile, disposé d'une manière fort ingénieuse, et placé au-dessous de la croisée la plus élevée; celle du grand tambour, roulée sur elle-même, reste dans le panier, et au moment du besoin on la laisse descendre dans la rue. Un seul homme suffit à la manœuvre, soit pour élever à la hauteur de la croisée un pompier, un tuyau de pompe, soit pour en descendre un individu ou des effets précieux; il ne lui faut d'espace que celui qu'il occupe; et, comme l'on peut varier à volonté le rapport de diamètre des deux tambours, qui, dans le modèle, sont comme 1 est à 2, il est facile de rendre l'opération plus prompte, ou de diminuer la force employée suivant le besoin.

M. Rivey, 1818. — Sans donner à l'échelle dont la description suit la préférence sur les moyens analogues présentés par d'autres mécaniciens, on peut dire qu'il y a dans la machine de M. Rivey une idée nouvelle qui pourra être utile dans quelques cas. Pour rendre moins flexible la longue échelle que sa machine nécessite, et lui conserver néanmoins de la légèreté, l'auteur a imaginé de la former de deux paires de limons, gar-

nies chacune de leurs échelons, et qui forment deux échelles placées l'une au-dessus de l'autre, séparées par un intervalle équivalent à la longueur d'une marche d'escalier, et liées ensemble par des traverses; en sorte que les échelons de l'une sont vis-à-vis le milieu des intervalles qui séparent les échelons de l'autre. Au moyen de cette disposition, l'auteur est parvenu à donner à la double échelle la forme d'un escalier à deux faces, en passant sur les échelons une corde qui les embrasse tous alternativement et occupe toute la largeur de l'échelle, ce qui forme autant de marches qu'il y a d'échelons. Par là, le pied trouve un appui plus commode que sur un simple échelon, et les cordes dérobent à la vue la profondeur à laquelle il s'agit de descendre.

*M*** de Vesoul* (Haute-Saône). **1820.** — L'auteur, officier du génie, a inventé une machine destinée à faire connaître pendant la nuit le point précis d'où partent les lueurs annonçant un incendie. Des expériences faites au moyen de feux allumés à une grande distance ont servi à constater l'exactitude des indications de cet appareil.

Nous terminerons en disant un mot des moyens de sauvetage employés à Paris : ce sont d'abord des échelles en frêne de 4 mètres de long, à douze échelons, se repliant par moitié pour le transport, et portant à leur partie supérieure un demi-cercle en fer, qui puisse embrasser la tablette des fenêtres et s'y fixer solidement. Quand il s'agit de porter secours à des individus placés à la partie supérieure d'un édifice, ou d'en enlever des objets quelconques, le sapeur-pompier fixe son échelle sur la pierre d'appui de la fenêtre du premier étage en brisant la vitre au moyen de l'arc en fer, si la croisée n'est pas ouverte ; il s'en sert pour s'élever à cette hauteur. Il arrive incessamment de la même manière aux étages supérieurs. Arrivé au point où doit avoir lieu le sauvetage, il y élève l'appareil de sauvetage proprement dit, qui se compose d'un sac en forte toile de 16 mètres de longueur sur 0,50 de diamètre, qui porte à sa partie supérieure un châssis formé de quatre fortes barres de bois servant à en tenir l'entrée ouverte ; deux de ces barres sont plus longues que les autres et peuvent se rapprocher pour le transport. La partie inférieure du sac est fermée par une coulisse. Un petit cordage est fixé au châssis. Quand le pompier est arrivé à la fenêtre où le sauvetage doit avoir lieu, il attire à lui le châssis, pose les deux grandes barres en travers de l'embrasure, et les fixe en arrêtant la courroie qui y est attachée. Il introduit alors dans le sac les individus qu'il s'agit de sauver, et que l'on fait sortir en desserrant la coulisse inférieure ; le frottement qui s'exerce par le passage dans l'intérieur du sac, pourvu qu'on écarte un peu les coudes, suffit pour modérer la descente. On descend de même les objets dont le volume permet de les introduire dans le sac. Enfin, deux hommes placés sur le sol soulèvent l'extrémité inférieure du sac pour prévenir le choc auquel pourraient sans cela être exposés les individus ou les objets qui y parviennent.

Pour compléter cet article, nous nous empressons de citer le rapport fait par M. Chevallier à la société d'encouragement sur un mémoire de M. Gaudin, intitulé : *Moyens à mettre en pratique pour arrêter les grands incendies ; et sur une note de M. Milonas sur le même sujet.*

> On a beaucoup disserté sur les propriétés du feu, sur les moyens de le développer, et très-peu sur ceux de l'éteindre. Il est constant que la terre délayée, la boue, le fumier y concourent beaucoup mieux que l'eau ; la terre lui résiste par sa propre inertie, elle conserve l'eau, empêche sa prompte évaporation. Souvent l'eau projetée sur le feu en trop petite quantité l'anime et se vaporise ; il faut l'employer en fortes masses, et avec une certaine continuité pour éteindre de grands foyers.
>
> Th. Ribond. *Vues et projet de résolution sur les moyens de rendre les incendies plus rares et moins funestes.* Brochure in 8°, an VIII.

Messieurs,

Vous avez renvoyé au comité des arts chimiques : 1° une note de M. Gaudin sur un moyen à mettre en pratique pour arrêter les grands incendies, moyen qui consiste à mêler à l'eau un sel déliquescent, le muriate de chaux du commerce, sel qui, d'après M. Gaudin, est tellement efficace, que l'emploi d'une seule pompe alimentée par la solution de ce sel aurait, dans un cas d'incendie, l'action de dix pompes alimentées par l'eau ; 2° une note de M. Milonas, ancien consul, qui établit qu'en jetant au milieu des flammes, au moyen de tubes à air comprimé, différentes substances, au nombre desquelles il place le soufre, on pourrait déterminer l'extinction des feux.

Les membres du comité à qui ces travaux ont été soumis ont pris connaissance des pièces déposées par MM. Gaudin et Milonas ; ils viennent vous rendre compte de leurs observations.

La note adressée par M. Gaudin à la Société établit comment ce savant a été conduit à reconnaître les propriétés du muriate de chaux contre l'incendie, les démarches qu'il a faites ensuite pour que l'emploi de ce sel fût essayé, les refus qu'il eut à essuyer.

M. Gaudin dit aussi : 1° qu'il a fait à Châlons-sur-Saône un essai de son procédé, essai qui fut des plus favorables par les résultats obtenus ; 2° qu'un rapport de M. Combes fut fait à M. le ministre des travaux publics, et que ce rapport est terminé par la conclusion suivante : « Il serait très-utile de faire un essai en grand sur le procédé de M. Gaudin, au point de vue des théâtres et des usines ; » 3° qu'il n'a pu obtenir du chef des sapeurs-pompiers de faire un essai sur les théâtres, ce dernier alléguant que

le procédé de M. Gaudin ne pouvait être mis en pratique, parce qu'il faut, chaque jour, faire jouer les robinets; ce qui consommerait en pure perte l'approvisionnement de l'eau chargée de muriate de chaux.

M. Gaudin établit ensuite quels sont, selon lui, les avantages du sel qu'il signale sur d'autres sels, l'alun, le sulfate de fer, qui déjà ont été proposés; il dit que c'est à tort qu'on a considéré les bois et les cordes enduits de muriate de chaux comme étant susceptibles d'attirer l'humidité de l'air, d'attaquer les métaux, etc.

M. Gaudin ayant demandé que des expériences fussent faites, la commission prise dans le sein du comité des arts chimiques, considérant que l'incendie est un fléau déplorable qui chaque année détruit non-seulement des valeurs considérables, mais encore donne lieu à des malheurs irréparables, demande à la Société de mettre à la disposition de M. Gaudin la somme qu'il avait jugée nécessaire pour procéder à une expérience.

Cette expérience a eu lieu, le 6 novembre 1848, dans un local appartenant à M. Perrot, ingénieur civil et membre de la Société. A cette expérience assistaient plusieurs membres de la Société, des délégués de divers ministères et de la préfecture de police.

Avant de rendre compte des résultats de l'expérience, nous devons dire que divers moyens, que diverses substances ont été proposés, soit pour prévenir les incendies, soit pour les combattre avec plus d'efficacité. Nous allons, aussi brièvement que possible, indiquer ici quels sont les modes proposés jusqu'ici, divisant ces modes en deux classes, les moyens préservatifs, les moyens d'extinction.

Moyens préservatifs. — Les moyens préservatifs indiqués jusqu'ici sont peu nombreux; voici quels sont ces moyens.

En 1775, le 20 juin, M. Hartley fit, à Buklesbury (Angleterre), une expérience à l'aide d'un procédé de son invention, et qui avait pour but d'empêcher l'incendie; ce procédé consistait à garnir la partie intérieure des murs de plaques de tôle aussi minces que des feuilles de papier. Ces plaques de tôle étaient enduites d'un vernis qui jouissait de la propriété d'arrêter la flamme; les épreuves faites à l'aide d'un feu très-violent démontrèrent les avantages de cette méthode; mais M. Hartley ne fit pas connaître son secret, et ce procédé ne put être mis à exécution. (*Dictionnaire de l'industrie ou Collection de procédés utiles*, 1776, p. 378.)

On trouve dans le *Dictionnaire de l'industrie*, publié en 1786, la description d'un moyen de rendre les bois incombustibles; ce moyen consiste à faire bouillir ces bois dans de l'eau chargée de sels, tels que le sel marin, le vitriol, l'alun, mêlés ensemble. Ces sels, dit l'auteur de l'article, communiquent au bois la vertu de résister à l'action des flammes.

M. J.-H. Hassenfratz, dans son ouvrage de l'*Art du charpentier*, publié en l'an XI, traite des moyens employés pour rendre les bois incombustibles. Le plus efficace, dit-il, pour empêcher l'incendie, consiste à empêcher le bois de se trouver en contact avec l'oxygène.

Ces moyens sont: 1° l'imbibition du bois à l'aide d'une solution saline; 2° le recouvrement des bois de matières incombustibles.

Pour la première de ces opérations, il propose le sulfate d'alumine (1), celui de soudes et les muriates de ces deux dernières bases.

Pour la deuxième, il indique l'emploi, sous la forme d'enduit, de deux sortes de mortiers: l'un composé d'une partie de chaux vive, de deux parties de sable et de trois parties de foin haché, dont il attribue l'invention à milord Mahon; l'autre est composé d'argile délayée dans de l'eau dans laquelle on a mêlé de la colle

On trouve, dans un mémoire publié en 1821, par M. Hemptine (2), que Brugnatelli a fait un grand nombre d'expériences pour rendre le papier incombustible; il a reconnu que l'oxyde de potassium et de silicium, le muriate de potasse, le sulfate d'alumine, de soude et de potasse, employés seuls, garantissaient le papier des atteintes du feu; que le papier se charbonnait par le contact du feu, sans tomber en poussière comme le papier ordinaire, ce qui le fit comparer à du papier pétrifié;

Que M. Hermbstaedt ayant observé que le papier trempé dans la liqueur siliceuse attirait l'humidité de l'air, il suffisait de le tremper dans une dissolution de sulfate de fer pour le rendre incombustible;

Qu'un M. Delisle avait trouvé une préparation pour rendre le papier à gargousse incombustible, dont il faisait mystère;

Que les sulfates de fer, de potasse, de soude, et les muriates de ces deux dernières bases, de même que l'alun, qui ont été proposés pour rendre les substances végétales incombustibles, n'empêchent pas la formation de la flamme, mais garantissent plus ou moins le charbon de la combustion, par la couche de sel ou d'alcali qu'ils laissent sur ce dernier; cependant le papier et la toile qui ont été préparés avec ces substances salines ou avec d'autres sels, à l'exception des

(1) L'action préservative du sulfate d'alumine et de potasse fut constatée dans une mine d'alun; là, les douves d'un tonneau qui avait servi à mettre de ce sel ayant été jetées au feu, on vit qu'elles ne brûlèrent pas, et que, malgré la violence du feu, on ne put, pendant leur destruction, observer la moindre flamme.

La découverte de rendre les bois incombustibles n'est pas aussi nouvelle qu'elle pourrait le paraître. Rabelais, dans le II° livre de son *Pantagruel*, chap. 50, parle d'une tour de bois, laquelle Sylla ne peut oncques faire brûler pour ce que Archelaüs, gouverneur de la ville (Pyrée dans l'Attique) pour le roi Mithridate, l'avait toute enduite d'alun.

(2) *Annales de l'Industrie nationale et étrangère*, p. 61.

des nitrates et des chlorates, s'enflamment moins vite que dans leur état ordinaire;

Que M. Gay-Lussac a reconnu que le linge trempé dans du phosphate d'ammoniaque, et séché, devient incombustible; le sel se fond au feu, l'ammoniaque se dégage, il reste autour de chaque fil une sorte de vernis d'acide phosphorique, qui le garantit très-bien.

Enfin, M. de Hemptine signale les avantages qui peuvent résulter de l'emploi du sulfate d'ammoniaque, du borate d'ammoniaque, du muriate d'ammoniaque et du muriate de chaux, qu'il désigne sous le nom d'antiflamme, à cause de son affinité pour l'eau; du carbonate de potasse neutre, du sulfate de zinc, qui, mélangé, pourrait peut-être servir avantageusement à la confection des cartouches.

Le phosphate d'ammoniaque ne peut empêcher le bois de donner de la flamme. M. de Hemptine propose, pour remédier à cet inconvénient, de charbonner le bois quelques millimètres, et de le bien imbiber ensuite de solution de phosphate ou de borate d'ammoniaque.

Il propose également de recouvrir le bois d'une enveloppe de toile préparée avec les sels décrits plus haut.

En 1825, M. Fuchs, membre de l'Académie des sciences de Munich, fit connaître qu'il avait trouvé un enduit qui rend incombustibles le bois, les toiles, etc., et qui n'est autre chose qu'une combinaison saturée de silice et d'alcali, qu'on obtient en faisant dissoudre jusqu'à saturation, dans une lessive d'alcali caustique, de la terre siliceuse convenablement préparée (1); en arrosant avec ce mélange les matières qu'on veut garantir du feu et de l'humidité, elles se couvrent d'un enduit vitreux qui les conserve parfaitement. Les épreuves faites sur un modèle de salle de spectacle garnie de ses agrès, décorations, coulisses, etc., ont eu tout le succès désirable; aussi le gouvernement bavarois a-t-il chargé l'auteur de ce procédé de l'appliquer à la salle de spectacle de Munich: en conséquence, tous les bois de cette salle furent préparés par le procédé indiqué. La dépense est, selon M. Fuchs, peu considérable, eu égard à l'importance et à l'utilité du procédé; car 100 pieds carrés de surface de bois ne coûtèrent, pour préparation, que 2 fr. 50 c. (2).

On sait qu'en 1836 M. Durios prit un brevet pour des procédés propres à rendre incombustibles les bois, toiles, papiers et autres substances végétales. Des expériences de ce procédé furent faites dans une commission nommée à cet effet; mais différentes causes indépendantes de la bonté du procédé s'opposèrent à son adoption.

Depuis, d'autres essais ont été faits à Paris, et M. le colonel Paulin fut appelé à examiner les procédés présentés par M. Lisbonne, aujourd'hui capitaine dans la garde républicaine: mais M. Paulin crut remarquer que des toiles qui lui avaient été présentées, et qui brûlèrent sans s'enflammer lorsqu'il fit son essai, brûlèrent plus tard avec flamme lorsqu'elles eurent été abandonnées pendant quelque temps au contact de l'air.

Quoi qu'il en soit, nous pensons que les faits signalés jusqu'ici présentent assez d'importance, et qu'il eût été intéressant de s'occuper de la question de savoir s'il est possible de rendre incombustibles les matériaux de construction, et quels seraient les moyens à mettre en pratique.

Moyens relatifs à l'extinction. — On trouve dans l'*Histoire de l'Académie des sciences pour 1722*, que M. Geoffroy fit de nombreuses recherches à l'occasion d'un prétendu secret pour éteindre le feu dans les incendies; ce secret consistait à avoir un baril plein d'eau, recevant dans son intérieur une boîte de fer-blanc remplie de poudre à canon. Lorsqu'on voulait éteindre l'incendie, on roulait le baril près du foyer, on mettait le feu à la boîte de poudre par une fusée; aussitôt, la boîte et le baril, en éclatant, éteignaient l'incendie par le vide causé par la raréfaction de l'air, et par la projection de l'eau en petits jets sur toutes les parties embrasées.

Une expérience, à l'aide de ce moyen, fut faite, le jeudi 10 décembre 1722, par M. de Réaumur, en présence du cardinal Fleury, alors premier ministre, dans l'avant-cour de l'hôtel des Invalides. Là on avait construit une espèce de baraque en bois sur un plan carré; quelques-unes des planches qui la composaient avaient été enduites de poix; l'intérieur de cette baraque contenait quelques morceaux de cordages goudronnés et roulés, et qui étaient placés auprès des ouvertures qui avaient été pratiquées pour faciliter l'incendie.

On conduisit deux tonneaux ou boîtes à poudre dans l'intérieur de la baraque; le feu fut mis ensuite. Au bout de deux minutes, l'explosion se fit entendre, et sur-le-champ toute flamme parut éteinte, excepté celle d'une corde goudronnée qui se trouvait placée près d'une des ouvertures

La même expérience fut répétée dans une cave où on avait amoncelé des tonneaux et cordages goudronnés; elle fut couronnée de succès.

Cependant ce moyen n'est pas suffisant, car le feu ne tarda pas à se rallumer, une fois la raréfaction de l'air terminée. Il fut reconnu qu'il était nécessaire de se servir

(1) La préparation du verre soluble se fait par la voie sèche en fondant dans un creuset de terre un mélange de 45 parties de quartz pulvérisé et de 30 parties de potasse purifiée et de 5 parties de charbon en poudre.

(2) Le procédé de M. Fuchs a dû être employé pour préparer le bois de construction du théâtre de Munich; mais on a reculé devant la dépense, et ce projet n'a pas été mis à exécution. M. Gaultier de Claubry rappelle que le procédé de Fuchs, pour obtenir par voie sèche le verre soluble, a été indiqué depuis longtemps dans les ouvrages allemands. (Voy. *Archives des inventions et découvertes* t. XX, p. 295.)

de pompes pour se rendre complétement maître de l'incendie (1).

D'après M. Geoffroy (2), les sels peuvent être employés pour arrêter les progrès des incendies; il a eu recours à un mélange de deux parties de sel alcali avec une de salpêtre, une de sel marin et demi-partie de soufre. En jetant ce mélange sur du bois enflammé, il se fait, par le moyen du salpêtre et du soufre, une espèce de fulmination qui, mettant en fusion le sel marin et le sel alcali, les fait pénétrer dans le bois allumé. Le bois noircit alors et s'éteint.

Le *Journal des Savants*, pour 1725, p. 478, fait connaître que des épreuves publiques ont été faites, par un sieur Moitrel, avec une liqueur propre à éteindre les incendies; mais il ne fait pas connaître la composition de la liqueur mise en usage.

On lit, dans les *Mémoires de l'Académie de Stockholm*, année 1740, que, des divers moyens proposés pour éteindre le feu dans les incendies, un de ceux qui ont paru les plus faciles et les plus sûrs est celui indiqué par M. Jean Fagot, qui consiste à lancer, avec les pompes ordinaires, de l'eau imprégnée de sels fixes, comme l'alun, le vitriol, le sel de lessive, les craies ou la chaux.

L'auteur de l'article dit : Cette méthode a été employée avec le plus heureux succès dans le siége de Stettin.

En 1757 (3), M. Nystrom, pharmacien à Norkœping (Suède), présenta un mémoire dans lequel il établit que l'eau qui tient en dissolution diverses substances salines, le sulfate de fer, la potasse, l'alun, l'argile, la chaux, fournit une liqueur propre à éteindre les incendies.

Le liquide préparé par M. Nystrom se composait dans la proportion de 100 livres d'eau, de 6 kilog. de très-forte lessive de cendre, ou de 4 kilog. de potasse, ou bien encore de 5 kilog. de sel marin, de 6 kilog. de couperose séchée en poudre fine, ou 7 kilog. 50 grammes de saumure de harengs, ou 10 kilog. d'argile bien séchée.

En 1759, M. Soubeyran, de Monteforges, proposa l'emploi d'un liquide pour l'extinction des incendies; mais nous n'avons trouvé aucun renseignement sur la composition de ce liquide, qu'il désignait sous le nom de liqueur pour les incendies; on dit seulement qu'il fallait peu de ce liquide, et qu'on l'employait au moyen d'un linge ou d'un balai de crin. (*Dictionnaire de l'Industrie*, 1776.)

On a fait connaître, en 1771, l'emploi de boules de verre ou d'argile du volume d'un boulet de canon, remplies d'alun avec un peu de poudre dans le centre. Ces boules s'enflamment par le moyen d'une mèche fortement adaptée à la lumière au moyen de la poix-résine. Ces boules, jetées dans le foyer de l'incendie, éclatent; alors elles l'éteignent complétement. A défaut d'alun, le sable mouillé produirait le même effet.

Baumé, modifiant l'idée de faire usage de ces boules, indiqua l'emploi de vases de fer-blanc d'un volume convenable pour être lancés à la main.

Ces vases devaient être divisés en deux parties, l'une centrale et munie d'une mèche; elle était employée à contenir une charge de poudre destinée à déterminer la rupture de la partie extérieure qui devait renfermer de l'eau tenant en dissolution du sel marin.

On conçoit que, lors de l'explosion de la poudre, le liquide salé était lancé sur les matières en combustion.

Baumé dit que les bois touchés par l'eau salée ne peuvent plus se rallumer, parce qu'ils sont pénétrés par le sel marin.

En 1781, M. Didelot fit avec succès, chez M. de la Blancherie, plusieurs expériences contre l'incendie, se servant d'un liquide de sa composition. La composition de la liqueur employée par M. Didelot ne fut pas communiquée au public; mais l'une des personnes présentes crut reconnaître que cette liqueur avait une forte odeur d'ail; c'est le seul renseignement que l'on ait sur ce liquide.

On trouve décrit dans la *Bibliothèque physico-économique pour* 1786, un moyen d'éteindre le feu dans une cheminée par la projection, sur le brasier ardent, de soufre pulvérisé.

Ce procédé fut indiqué de nouveau, en 1816, par notre collègue feu d'Arcet, et il fut publié dans le *Bulletin de la Société* t. XV, p. 147.

Pointraux, auteur de plusieurs ouvrages sur les constructions rurales, a, dans une brochure publiée en 1791, indiqué un moyen qu'il avait employé, en 1788, avec succès, et qui consistait à jeter de la terre sur les parties embrasées (1).

En 1803, la *Bibliothèque physico-économique* fit mention d'un procédé indiqué par M. Palmer, d'une poudre pour éteindre les incendies, poudre composée de parties égales de soufre et d'ocre mêlées avec six fois leur poids de vitriol. On répand cette poudre sur les matériaux enflammés, dans la proportion de 64 grammes pour une surface de 32 centimètres carrés. Si l'on ne peut approcher du feu, on fait des cartouches

(1) On trouve dans le même volume l'annonce de la composition d'un liquide dit *salamandre artificielle*, composé de deux seaux d'eau infecte de 7 kil. 500 gr. de vitriol sans désignation, de 7 kilog. 500 gr. de minium, enfin de carbonate de chaux, de cendres de bois et de sel de nitre, pilant le tout dans un mortier, faisant fondre dans l'eau chaude, versant dans une cuve ou dans un tonneau et ajoutant de l'eau.

(2) *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, année 1722.

(3) *Dictionnaire de l'industrie*, t. III, p. 455.

(1) On pourrait consulter avec fruit une brochure du même auteur publiée en 1802 sous le titre de : *Mémoire qui a remporté le prix à l'Académie d'Amiens le vingt-cinq août 1787, pour garantir les bourgs et villages d'incendie*. Ce mémoire contient principalement l'art de construire des toits et planchers incombustibles propres à tout cultivateur.

qu'on lance avec des arbalètes sur les endroits les plus embrasés (1).

Les *Annales de Chimie* du 30 germinal an XI contiennent une lettre adressée par M. Van Marum à M. Berthollet, sur un précis des expériences qui démontrent qu'on peut éteindre des incendies violents par des quantités d'eau très-peu considérables moyennant des pompes portatives. Cette lettre relate le procédé employé à cet effet par M. Van Aken, qui lui a été communiqué par M. Klaproth; il consistait dans une solution de 20 kilog. de sulfate de fer, 15 kilog. de sulfate d'alumine mêlés de 10 kilog. d'oxyde de fer rouge (colcotar) et 100 kilog. d'argile.

M. Van Marum commença alors à faire des expériences comparatives en allumant deux masses de combustible égales sous tous les rapports, et en éteignant l'une par la liqueur de Van Aken et l'autre par l'eau commune. Il fut surpris de voir, à plusieurs reprises, que, en employant les deux liquides de la même manière, le feu fut toujours éteint plus promptement par l'eau que par la liqueur anti-incendiaire; mais il observa en même temps qu'une quantité d'eau très-peu considérable, quand elle était bien dirigée, éteignait un feu violent. Ses premières expériences, à cet égard, l'ont conduit à en faire d'autres plus en grand; nous rappellerons seulement ces dernières.

Il prit deux tonneaux qui avaient été remplis de goudron et dont les parois intérieures étaient encore bien chargées de cette substance inflammable, il en fit ôter les deux fonds, et, pour mettre l'intérieur plus fortement en flamme, il leur fit donner une forme conique, mettant la plus grande ouverture, qui avait 50 centimètres de diamètre en haut, et l'autre, de 40 centimètres, sur un trépied, à quelques centimètres de terre, afin qu'un courant libre d'air, montant par le tonneau, animât, autant que possible, le feu. Il enduisit d'une nouvelle couche de goudron l'intérieur de chaque tonneau, et ayant mis alors des copeaux de bois, il les fit allumer l'un après l'autre. Il commença d'éteindre ce feu lorsqu'il était le plus violent, au moyen d'une cuiller de fer contenant 64 grammes d'eau, et pourvue d'un manche assez long pour être éloignée du foyer; il versa l'eau de la cuiller soigneusement en petits filets sur l'intérieur du tonneau, tenant la cuiller sur le bord de ce vase, et la mouvant le long de ce bord à mesure que la flamme cessait. De cette manière, la première cuillerée d'eau éteignait à peu près la moitié du feu, et ce qui en restait fut éteint par la seconde cuillerée appliquée de la même manière.

Des expériences d'une prétendue liqueur anti-incendiaire furent faites à Rouen, en 1788, mais elles échouèrent complétement. M. Descroizilles, qui assistait à cette expérience, publia quelques observations critiques contre les moyens indiqués par M. Van Marum; il établissait qu'il fallait peu d'eau pour éteindre la flamme des corps résineux gommeux répandus à la surface des corps ligneux : ceux-ci, dans le commencement, ne font que prêter un théâtre à l'action du feu; mais, lorsque le bois lui-même vient à brûler, alors beaucoup d'eau devient indispensable.

Ces observations donnèrent lieu, par M. Van Marum, à une réfutation insérée dans les *Annales de la Chimie* du 30 pluviôse an XIII.

Le 25 germinal an XIII, MM. Chaptal et Monge firent un rapport sur un moyen proposé par M. R. Six, ingénieur en chef des gardes pompiers de la ville de Paris, tendant à remplacer l'eau ordinaire par de l'eau saturée de sel marin, pour le service des pompes destinées aux incendies. Il résulte de ce rapport que cette innovation offre, entre autres avantages, 1° de présenter un liquide qui ne gèle jamais à la température de nos climats; 2° d'employer une liqueur plus propre que l'eau pure à éteindre le feu; 3° de conserver plus longtemps les tonneaux qu'avec l'eau ordinaire, ceux-ci, par la gelée, éprouvant souvent des ruptures; 4° de garantir l'eau de toute décomposition; 5° de préserver les tonneaux d'une destruction prompte qui est le résultat du séjour de l'eau douce.

On trouve, dans la *Bibliothèque physico-économique* de 1809, l'indication de l'emploi de 2 à 4 kilog. de potasse en poudre jetés dans la bâche de la pompe remplie d'eau projetée sur les boiseries enflammées, qui s'éteignent sur-le-champ.

En 1817, le sous-secrétaire d'Etat au département de l'intérieur adressa à la Société d'encouragement la description d'un moyen proposé par le capitaine anglais Manby pour arrêter les progrès des incendies, en dirigeant sur le feu une dissolution de potasse à l'aide d'une fontaine de compression.

Nous rappellerons que ce moyen était déjà connu bien antérieurement avant la présentation faite par le capitaine Manby, puisqu'il avait été indiqué, en 1809, dans la *Bibliothèque physico-économique*.

Plus tard, en 1818, M. John Moore fit connaître par la voie du *Philosophical magazine* (cahier d'avril) un moyen qui lui paraît plus simple que celui du capitaine Manby, et qui consiste à approvisionner chaque pompe de quelques sacs d'argile pulvérisée et tamisée, laquelle, mêlée avec l'eau et projetée sur les objets embrasés, les éteindrait sur-le-champ, parce qu'elle formerait autour d'eux un enduit incombustible qui interdirait tout accès à l'air.

Une substance qui lui paraît préférable à l'argile est la chaux éteinte et tombée en efflorescence par son exposition à l'air. Si, après l'avoir tamisée et mêlée à une certaine

(1) Pour garantir du feu la boiserie, on l'enduit de colle ordinaire de menuisier, et l'on y répand la poudre à trois ou quatre reprises, après que chaque couche est sèche. On se sert d'eau au lieu de colle, s'il s'agit de préserver du feu la toile, le papier, les cordes, etc. La livre de cette poudre revient à peu près de 2 fr. à 2 fr. 50.

quantité d'eau, on a dirige sur ces matières enflammées, elle les éteint spontanément sans qu'elles soient susceptibles de se rallumer.

Les *Annales de l'industrie nationale et étrangère* pour 1825 font mention d'un incendie éteint par la vapeur d'eau projetée sur l'endroit embrasé au moyen d'un tuyau muni d'un robinet fixé à une chaudière à vapeur.

M. de Fahnemberg, dans diverses communications adressées, en 1826, à la Société d'encouragement, sous le titre d'*Aperçu des principales inventions et découvertes récemment faites en Allemagne*, signale, entre autres, un procédé recommandé par le gouvernement de Wurtemberg pour éteindre les incendies : il consiste à mêler dans l'eau, dont la pompe est alimentée de cendres bien tamisées, principalement celles de hêtre et de charme, et à les projeter sur les matières enflammées (1).

Tout récemment, M. Reid a proposé, comme moyen d'éteindre les incendies des navires, de répandre dans leur intérieur une grande quantité d'acide carbonique, en se servant d'un seau en gutta-percha dans lequel on jetterait de la chaux et de l'acide sulfurique, et en faisant communiquer le mélange dans les soutes à l'aide de longs tuyaux de fer.

Maintenant que nous avons indiqué les moyens signalés jusqu'ici, soit pour prévenir les incendies, soit pour les combattre, nous allons faire connaître les résultats de l'expérience entreprise par M. Gaudin, aux frais de la Société.

L'expérience fut faite sur un tas de bois ayant un mètre de largeur sur trois de hauteur ; cette espèce de bûcher était formée de bois de charpente dans l'intérieur et de bois à brûler sur les faces; à la partie inférieure on avait amoncelé des fagotins pour déterminer l'embrasement.

Dès que le bûcher fut parfaitement embrasé, les pompiers de Vaugirard firent agir une petite pompe d'usine, et on vit que, lorsque l'on cessait de lancer de l'eau sur l'une des faces du bûcher, le feu se rallumait et brûlait avec intensité; en employant une plus grande quantité, on parvint à l'éteindre en grande partie, mais, ayant interrompu le jeu de la pompe, le feu se ralluma et devint très-vif.

On procéda alors de la même manière en se servant de la même pompe et employant alors de l'eau contenant du chlorure, de l'alun ; on observa que, lorsqu'on avait cessé de lancer l'eau contenant du chlorure, le feu ne se rallumait pas de la même manière que lorsqu'on avait fait usage d'eau ordinaire ; ce fait s'explique : le chlorure de calcium recouvrait le charbon et interceptait la communication avec lui.

Lorsqu'on fit agir la pompe sur les quatre faces du bûcher, on remarqua, le liquide n'ayant point pénétré au centre, que le bois placé dans cette partie centrale brûlait, tandis que les parties extérieures ne brûlaient plus; elles faisaient l'office d'une cheminée au milieu de laquelle s'opérait la combustion.

Si nous eussions dirigé l'expérience, nous eussions voulu qu'elle fût faite d'une autre manière. Nous aurions demandé que deux bûchers parfaitement semblables eussent été établis, et que, allumés au même instant, on fît agir sur ces bûchers deux pompes de même force, en mesurant l'eau simple employée pour éteindre un bûcher, et l'eau chargée de chlorure de calcium employée pour éteindre l'autre. Si nous n'eussions pas obtenu des données exactes, nous aurions, du moins, jugé par comparaison.

Dans l'expérience faite à Vaugirard, nous n'avons pu constater 1° quelle a été la quantité d'eau simple employée pour combattre l'incendie ; 2° quelle a été la quantité d'eau chargée de chlorure mise en usage pour déterminer l'extinction.

Nous avons essayé d'établir quelles étaient ces quantités ; mais le lieu de l'incendie ayant été envahi par la population de Vaugirard, il a été impossible de suivre l'expérience comme cela eût été nécessaire ; de plus, nous avons remarqué que l'eau chargée de chlorure de calcium était trop chargée de ce sel. En effet, cette eau, qui marque 39°, ne se répandait pas aussi bien sur le bois qu'elle aurait pu le faire si elle n'eût pas été aussi concentrée ; aussi formait-elle des espèces de stalactites sur quelques parties du bois, au lieu de retomber de la première sur la seconde bûche, et ainsi de suite.

Quoi qu'il en soit, l'opinion de beaucoup de personnes présentes, et nous partageons cette opinion, c'est que l'expérience faite par M. Gaudin paraît présenter un résultat avantageux.

Il serait à désirer que M. le ministre de la marine, qui a sous sa direction les ports, les arsenaux, qui pourraient être préservés d'incendies par l'emploi immédiat du chlorure de calcium proposé par M. Gaudin, chargeât M. Gaudin, qui s'est beaucoup occupé d'applications utiles, de faire de nouvelles expériences, afin de bien établir : 1° la valeur de son procédé ; 2° le prix auquel reviendrait l'eau chargée de chlorure de calcium ; 3° à quel degré ce chlorure doit être employé pour obtenir les meilleurs résultats; 4° enfin si la solution de ce chlorure peut être employée avec les pompes ordinaires, si ces pompes ou leurs tuyaux ne subiraient pas d'altération par l'effet du contact de l'eau chargée de chlorure. Nous dirons cependant ici que nous ne conseillerions pas d'employer, pour l'extinction du feu dans les maisons particulières, les eaux chargées de sels déliquescents ; ces sels, s'imprégnant dans les murs, rendraient les matériaux humides, de telle sorte que ces maisons deviendraient inhabitables.

Une question qui, selon nous, n'a pas moins

(1) M. Gaultier de Claubry fut chargé par le conseil de salubrité de l'examen d'une proposition faite par M. Gannal.

d'importance, est celle qui se rapporte aux moyens de préservation ; elle mérite d'être étudiée, et son étude pourrait amener à de grands résultats, puisqu'on pourrait prescrire, pour certaines constructions qui par leur destination courent le danger d'être incendiées, l'emploi de matériaux rendus ininflammables par certaines préparations. La facilité avec laquelle on fait pénétrer actuellement dans les bois des substances de nature diverses, fait espérer qu'on pourra réaliser une idée qui déjà a été le sujet d'études qui n'ont pas été assez suivies ni faites sur une assez large échelle.

Relativement à la demande qui a été adressée à la Société par M. Nicolo Milonas, on a vu que les idées qu'il avait soumises à la Société ont été mises en pratique. Ainsi on voit : 1° qu'en 1722 Geoffroy et Réaumur se sont occupés d'essais semblables à ceux indiqués par M. Milonas, en se servant de la poudre, de l'eau, de la potasse, du salpêtre, du sel marin, du soufre ; 2° qu'en 1777 on proposa l'emploi des boules d'argile ou de verre emplies de poudre et d'alun ; qu'à la même époque Baumé, modifiant cette idée, proposait de jeter au milieu des incendies des vases renfermant une solution de sel marin, vases qui, dans leur centre, devaient contenir une charge de poudre destinée à faire éclater le vase et à produire la dispersion du liquide sur les matériaux enflammés ; 3° qu'en 1788 on proposa l'emploi du soufre projeté sur les objets en combustion.

Organe du comité des arts chimiques, j'ai l'honneur de vous proposer : 1° d'adresser des remerciements à MM. Gaudin et Milonas pour les communications qu'ils ont faites à la Société ; 2° de faire imprimer le présent rapport dans le Bulletin de la Société ; 3° d'en faire adresser une copie à M. le ministre de la marine (1).

INDIGO. — Matière colorante bleue très-solide, que l'on retire de plusieurs plantes par le procédé suivant : on met les feuilles fraîches ou sèches dans une grande cuve dite trempoir, et on les recouvre de 4 à 5 centimètres d'eau. Il s'y établit bientôt une fermentation active, la liqueur se colore en jaune, elle se couvre d'une mousse qui passe bientôt ; il s'y dissout en même temps une substance qui, au contact de l'air, s'oxyde, bleuit et se précipite. Dans cet état, elle constitue l'indigo. La liqueur qui surnage est décantée dans une autre cuve découverte et battue avec un agitateur ; elle absorbe de l'oxygène, se trouble, et laisse déposer une nouvelle quantité d'indigo. On jette l'indigo sur un filtre de toile serrée, on le lave, et on le fait sécher. On ajoute souvent un peu d'eau de chaux à la liqueur chargée d'indigo, dans le double but d'accélérer la précipitation et de rendre la filtration plus facile.

Le pastel, traité de la même manière, fournit également de l'indigo, mais en plus petite quantité.

L'indigo se trouve dans le commerce sous la forme de morceaux de grosseur très-variable, quelquefois irréguliers, d'autres fois cubiques ou plats, dont la nuance varie du bleu violet au bleu noirâtre. Ces fragments sont légers, faciles à rompre ; ils n'ont point de saveur, mais ils happent plus ou moins à la langue, en raison de leur sécheresse et de leur porosité ; ils ont une légère odeur qui devient plus sensible lorsqu'on les chauffe ; enfin leur cassure, de terne qu'elle est ordinairement, devient brillante et d'un rouge cuivré lorsqu'on la frotte avec l'ongle ou avec tout autre corps dur. Plus l'indigo est léger, plus la couleur cuivrée qu'il prend par le frottement est brillante et prononcée, meilleure est la qualité.

L'indigo soumis à une forte chaleur répand des vapeurs pourpres qui se condensent aisément en petites aiguilles brillantes, d'un aspect métallique et de couleur cuivrée ; ce produit est la matière colorante pure, ou indigotine, dont la proportion est différente dans les diverses espèces d'indigo, et qui ne forme que les 0,45 de l'indigo-flor de Guatimala, regardé comme le plus riche de tous.

L'indigo est insoluble dans l'eau et dans l'éther, un peu soluble dans l'alcool bouillant. Le chlore le décolore, mais il se dissout sans altération dans 8 parties d'acide sulfurique concentré, ou 2 à 5 parties d'acide sulfurique fumant. Cette dissolution est d'un bleu noir extrêmement intense ; étendue d'eau, elle est d'un beau bleu, et constitue le bleu de Saxe employé à la teinture des laines. On y sature ordinairement la plus grande partie de l'acide sulfurique en y ajoutant de la craie.

L'acide nitrique détruit rapidement l'indigo et le convertit en une série de produits remarquables, parmi lesquels nous citerons les acides indigotique et carbazotique.

Tous les corps doués d'une grande affinité pour l'oxygène, qui sont mis en contact à la fois avec de l'indigo et un alcali et de la chaux, s'oxydent aux dépens de l'indigo même et le changent en indigo blanc ; réduit ou désoxygéné, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les dissolutions alcalines. C'est à ces dissolutions alcalines d'indigo qu'on donne le nom de cuve d'indigo dans les ateliers de teinture. Les corps qui sont le plus souvent employés pour produire, sous l'influence de l'eau, la désoxygénation de l'indigo, sont le protosulfate de fer et la chaux, l'orpiment et la potasse, la potasse et le protoxyde d'étain. La couleur du bleu de cuve est beaucoup plus solide que celle du bleu de Saxe.

L'indigo blanc a une affinité pour l'oxygène qui est telle, qu'on n'a pu jusqu'ici l'obtenir pur qu'à l'état solide, à cause de la difficulté d'opérer lors du contact de l'air, pour peu que la dissolution alcaline qui le renferme rencontre d'air ou d'oxygène,

(1) *Voir les Bulletins de la Société d'encouragement*, année 1848.

elle bleuit et laisse précipiter de l'indigo.

Le procédé le plus exact pour reconnaître la valeur d'un indigo du commerce consiste à en faire dissoudre un poids donné dans 9 parties d'acide sulfurique concentré, à l'étendre d'eau, et à déterminer par expérience la quantité d'une dissolution titrée de clorure décolorant qu'il faut y ajouter pour obtenir une décoloration complète; cette quantité sera proportionnelle à celle de la matière colorante contenue dans l'indigo essayé.

On se sert aussi quelquefois du *Colorimètre* de M. Labillardière, dont l'emploi est basé sur ce que la quantité d'eau nécessaire pour amener au même degré deux dissolutions colorées, est proportionnelle à celle de la matière colorante qu'elles renferment.

INDUSTRIE MINÉRALE EN FRANCE. — Nous croyons qu'il n'est pas hors de propos dans un dictionnaire qui traite de découvertes scientifiques et industrielles, de mettre sous les yeux du lecteur l'exposé des ressources de notre pays en des matières qui touchent de si près aux développements de notre industrie. Nous emprunterons le travail consciencieux que l'on va lire à M. Le Chatelier.

I. Généralités sur l'exploitation. — Les substances minérales sont arrachées du sein de la terre par différents procédés : par l'emploi du feu, par l'emploi des outils et par l'emploi de la poudre. Le premier moyen, employé dans les mines métalliques avant la découverte de la poudre, n'est plus en usage depuis longtemps en France; il avait pour objet de désagréger les roches et de faciliter l'action des outils. Le mineur se sert, pour attaquer les terrains tendres, de la pioche et de la pelle; pour détacher les blocs de rochers divisés par des fissures naturelles, du pic, du levier, des coins en bois ou en fer, du marteau ou mail, et dans quelques cas très-rares, pour entamer les roches très-dures, de la pointerolle, petit marteau court à pointe aiguë, sur la tête duquel il frappe avec un autre marteau. — La poudre est employée pour faire sauter en éclats les roches trop dures ou trop compactes, qui résistent aux outils ordinaires; elle est introduite dans un trou de mine percé au fleuret et recouverte d'une bourre fortement tassée, dans laquelle on ménage une lumière au moyen de l'épinglette. — La poudre de mine française, fabriquée par l'État, se compose de : salpêtre, 650; charbon, 150, et soufre, 200; — La consommation totale de la France s'est élevée, en 1841, à 1,132,941 k. 936.

L'exploitation se fait à ciel couvert, par tranchées plus ou moins étendues en surface et en profondeur, suivant la nature du gîte; ou souterrainement, par puits et galeries, lorsque les frais de terrassement sont trop considérables. — L'extraction au jour se fait à dos d'homme, d'âne, de mulet ou de cheval, au moyen de treuils à bras d'homme, de manége à chevaux, de machines hydrauliques ou de machines à vapeur. — Les eaux qui se rassemblent au fond des excavations sont extraites, comme le minerai, dans des tonneaux au moyen de pompes mises en mouvement par les mêmes moteurs.

Certains minerais qui n'ont pu être complétement séparés, dans la mine, des matières stériles qui les accompagnent, sont soumis, à la surface, à une préparation mécanique qui les amène au degré de pureté nécessaire pour leur traitement dans les usines; cette préparation comprend le tirage et le cassage, pour séparer à la main les fragments riches des fragments pauvres ou stériles; le bocardage, qui a pour objet de réduire en sable ou en poussière les résidus de la première opération; le lavage sur des tables ou dans des caisses de formes diverses dans lesquelles la différence de pesanteur spécifique détermine la séparation des parties métalliques; le débourbage qui sert, par un lavage à l'eau, à séparer certains minerais de matières argileuses qui les accompagnent.

Les excavations dans lesquelles on exploite les substances minérales sont partagées par l'usage et la législation française en trois classes : mines, minières et carrières, ainsi définies par les articles 2, 3 et 4 de la loi du 21 avril 1810, sur les mines.

Art. 2. « Seront considérées comme mines celles connues pour contenir en filon, en couches ou en amas, de l'or, de l'argent, du platine, du mercure, du plomb, du fer en filons ou couches, du cuivre, de l'étain, du zinc, de la calamine, du bismuth, du cobalt, de l'arsenic, du manganèse, de l'antimoine, du molybdène, de la plombagine, ou autres matières métalliques, du soufre, du charbon de terre ou de pierre, du bois fossile, des bitumes, de l'alun, et des sulfates à bases métalliques. »

Art. 3. « Les minières comprennent les minerais de fer dits d'alluvion, les terres pyriteuses propres à être converties en sulfate de fer, les terres alumineuses et les tourbes. »

Art. 4. « Les carrières renfermant les ardoises, les grès, pierres à bâtir et autres, les marbres, granits, pierres à chaux, pierres à plâtre, les pouzzolanes, le strass, les basaltes, les laves, les marnes, craies, sables, pierres à fusil, argile, kaolin, terres à foulon, terres à poterie, les substances terreuses et les cailloux de toute nature, les terres pyriteuses regardées comme engrais, le tout exploité à ciel ouvert ou avec des galeries souterraines. »

On peut baser sur les analogies de composition chimique et d'usage une classification plus pratique en partageant les matières d'origine minérale en métaux, pierres, sels et combustibles.

II. Métaux. — *Fer.* — Il est répandu en abondance sur un grand nombre de points du sol de la France. Les minerais présen-

tent de très-nombreuses variétés résultant des différences de composition chimique et minéralogique, et de disposition géologique dans le sein de la terre. Au point de vue chimique, ils comprennent quatre espèces principales : l'oxyde de fer magnétique, le pyroxyde anhydre, le pyroxyde hydraté et le carbonate de fer. — Au point de vue industriel, on partage les minerais de fer en trois grandes classes : 1° les minerais d'alluvion. Ce sont ordinairement les hydroxydes de fer volitique, c'est-à-dire en grains sphéroïdaux de toutes grosseurs, en rognons, en fragments irréguliers, etc., disséminés en proportions fort variables dans une masse dominante de sable et d'argile. Les minerais de cette classe appartiennent souvent à des terrains stratifiés dans lesquels ils forment des couches superficielles; mais l'usage et leur analogie avec les minerais réellement diluviens leur ont fait conserver dans la pratique le nom générique de minerais d'alluvion. Ils sont généralement de qualité supérieure. 2° Les minerais en couches réglées dans divers étages des terrains secondaires. Cette classe comprend principalement les minerais volitiques en roche, les hydroxydes et les oxydes rouges à structure compacte qui forment souvent des couches puissantes dans les terrains jurassiques ; le fer carbonaté lithoïde, qui se trouve principalement dans les terrains houillers, en couches continues ou en rognons disséminés dans les couches de schiste. 3° Les minerais en filons, en amas, etc., dans des terrains non stratifiés ou à classification très-tourmentée. Ces minerais présentent une grande variété : les fers carbonatés spathiques, les oxydes concrétionnés, et surtout les hématites brunes manganésifères, le fer oligiste compacte, cristallin et micacé, le fer oxydulé, etc. — Ce sont les minerais de montagne proprement dits ; ils se rapprochent par les circonstances de leur gisement, la nature de leurs gangues, des autres minerais métalliques. — Les minerais de fer de la première classe sont répandus avec profusion dans les départements des Ardennes, de la Moselle, de la Haute-Marne, de la Haute-Saône, de la Nièvre, du Cher, de la Dordogne, des Landes, etc. Ceux de la seconde classe abondent surtout dans la Côte-d'Or, la Haute-Marne et sur le versant occidental du Jura ; et ceux de la troisième dans la chaîne des Pyrénées, celle des Alpes, celles des Vosges, et dans les terrains anciens de l'ouest. — En 1842, on comptait 2,263 mines et minières de fer, dont 1,919 exploitées ; elles ont occupé 12,103 ouvriers et produit 25,658,966 quintaux de minerai brut. Le lavage ou débourbage des minerais est exécuté dans 1,454 ateliers, où il a employé 4,321 ouvriers; une partie de minerai brut non lavé ou de minerai lavé a été soumise au grillage, ce qui a exigé l'emploi de 146 fours de grillage, et 370 ouvriers. — Les frais de transport des minerais bons à fondre et rendus aux fourneaux sont un élément très-important du prix de revient, dont ils forment les 45/100es ; ils font monter de 0 fr. 73 à 1 fr. 32, le prix de revient moyen du quintal métrique, et grèvent annuellement l'industrie du fer d'une dépense totale de 6 à 7 millions de francs. — L'industrie de l'exploitation des minerais de fer est d'autant plus utile, que les ouvriers ne s'y livrent, pour la plupart, que dans l'intervalle des travaux agricoles.

TABLEAU

DE L'EXTRACTION ET DE LA PRÉPARATION DES MINERAIS DE FER PENDANT SIX ANNÉES.

ANNÉES.	OUVRIERS pour l'extraction et la préparation.	PRODUITS. Minerai brut	Minerai prêt à fondre.	Valeur totale créée.
		quintaux.	quintaux.	francs.
1837	47,366	23,887,838	9,733,334	13,637,757
1838	15,878	23,050,081	10 132,109	14,295,185
1839	18,314	22,900,301	10,315,391	13,893,619
1840	16,598	22,486,299	9,946,741	13,375,613
1841	15,783	25,228,390	10,439,215	13,905,275
1842	16,794	25,658,966	10,983,982	15,208,970
Moy.	16,788	23,535 327	10,258 462	13,701 369

Plomb et argent. — Ils se trouvent presque toujours associés dans les mêmes minerais. Les minerais d'argent proprement dits sont très-rares en France, où l'on ne compte qu'une exploitation de ce genre. Les minerais de plomb et d'argent sont en filons et très-rarement en amas. Le principal est la galène argentifère ou sulfure de plomb renfermant quelques millièmes d'argent. Il existe en France un très-grand nombre de mines qui ont été abandonnées après avoir donné lieu à des extractions importantes; mais on n'en compte plus que trois en activité : Poullaouen et Huelgoat dans le Finistère, Vialas dans la Lozère, et Pontgibaud dans le Puy-de-Dôme, dans lesquelles on exploite la galène artifère en filons. A Huelgoat on exploite en outre un minerai particulier, formé principalement de chlorure d'argent disséminé dans une gangue d'oxyde de fer hydraté et de quartz, et connu sous le nom de terres rouges. Une partie de ce minerai

est traitée par amalgamation. Ces trois établissements ont produit, en 1842, 238,517 quintaux de minerais bruts. Nous donnerons plus loin le tableau de la production de ces mines pendant six années consécutives jusqu'à l'année 1842.

Cuivre. — Soit seul, soit associé aux minerais de plomb et d'argent, il ne présente qu'un petit nombre de gisements dans les Pyrénées, les Alpes, les Vosges et quelques départements du midi de la France; la plupart sont abandonnés depuis longtemps, ou seulement à l'état d'exploration. Une seule mine était en activité en 1842; celle de Sainbel et Chessy, qui a produit 10,200 quintaux de minerai trié; on a exploité longtemps dans cette mine du carbonate de cuivre bleu, mais n'on y trouve plus maintenant que du cuivre pyriteux ou sulfure de fer et de cuivre. Les minerais pauvres chargés d'une grande quantité de pyrite de fer, extraits de la mine ou d'anciennes haldes (amas de déblais) abandonnées, sont expédiés à Lyon, où ils sont employés comme minerai de soufre pour la préparation de l'acide sulfurique; ils produisent comme accessoire une quantité de cuivre assez notable.

Manganèse. — L'oxyde employé pour la préparation du chlore et pour la coloration des verres blancs existe en amas et en filons dans quelques localités peu nombreuses; il s'y trouve à différents degrés d'oxydation. La principale mine est celle de la Romaniche dans le département de Saône-et-Loire. Le nombre des mines de manganèse est égal à 18, dont 12 seulement sont exploitées. Le manganèse du commerce est extrait du minerai brut par une préparation mécanique.

TABLEAU

DE LA PRODUCTION DES MINES DE MANGANÈSE.

Années.	Ouvriers employés à l'extract. et à la préparation.	PRODUITS. Minerai brut.	Minerai préparé.	Valeur créée.
		quint.	quint.	francs.
1837	281	61,878	29,443	245,778
1838	369	53,177	27,100	239,271
1839	306	65,757	47,141	304,541
1840	307	56,401	35,938	258,010
1841	225	34,365	19,783	147,483
1842	265	23,640	15,361	116,150
Moy.	300	48,202	28,128	218,538

Antimoine.—Il est très-répandu en France, et forme, à l'état de sulfure, de nombreux filons dans les départements du Midi et dans la Vendée. Ses usages restreints jusqu'ici pour les préparations pharmaceutiques et la confection des caractères d'imprimerie, ont été les seuls obstacles à l'accroissement des exploitations. Les mines d'antimoine n'ont occupé que 92 ouvriers, et n'ont produit que 12,000 quintaux de minerai brut ou trié pendant l'année 1841. Mais, si la découverte récente de M. de Ruolz, consistant dans la substitution de l'oxyde d'antimoine au carbonate de plomb comme céruse, a le succès qu'on est en droit jusqu'à présent d'en attendre, les exploitations de sulfure d'antimoine deviendront importantes et pourront sans doute donner lieu à un commerce d'exportation. Le nombre des mines déjà concédées et exploitées est de 25.

Zinc. — Il n'a pas été rencontré jusqu'ici en France à l'état de calamine ou de carbonate de zinc, minerai qui fait l'objet des exploitations productives de la Belgique et de la Prusse; mais il existe sur plusieurs points des filons de blende ou zinc sulfuré qui pourront tôt ou tard fournir des produits importants. Dans le courant de l'année 1842, une usine à zinc pour le traitement de la blende a été installée à Poullaouen, et les essais de réduction ne manqueraient pas, avec de la persévérance, de donner de bons résultats.

Or. — Il se rencontre dans le sable de la plupart des rivières qui coulent à travers les terrains primitifs, mais en quantité trop petite pour que le lavage des sables puisse encore donner des bénéfices, à une époque où la dépréciation des métaux précieux fait de rapides progrès. Il se trouve encore en filons, intercalé dans le quartz, à la Gardette, département de l'Isère, où il a donné lieu, à plusieurs reprises, à des tentatives d'exploitation infructueuses.

Etain. — Il a été rencontré sur quelques points dans le Morbihan et la Loire-Inférieure à l'état d'oxyde, mais jusqu'ici les recherches exécutées n'ont pas fait connaître de gisement exploitable.

Mercure. — Il a été rencontré à l'état natif disséminé dans des terrains appartenant à différentes formations, à Montpellier, à Peyrat dans la Haute-Vienne, et récemment au Larzac dans l'Aveyron, mais sans avoir donné lieu à des travaux d'exploitation suivis. La seule mine qui ait été exploitée en France est celle de Ménil-Dot près Saint-Lô, qui a donné des produits notables de 1730 à 1742, mais qui est depuis longtemps abandonnée.

Nickel et cobalt. — Ils ont été exploités en petite quantité dans les Pyrénées et les Alpes, mais les gisements connus jusqu'ici ne présentent pas d'importance.

Arsenic et soufre. — Ils se rencontrent dans un grand nombre de minerais métalliques à l'état d'arsénio-sulfures et de sulfures. L'arsénio-sulfure de fer ou mispickel est très-répandu en France, mais il n'a été traité que sur un seul point dans le Puy-de-Dôme, où l'arsenic était préparé à l'état d'oxyde. Le soufre s'extrait des pyrites de cuivre et de fer, soit à l'état natif, soit à l'état d'acide sulfureux, pour la préparation de l'acide sulfurique.

III. Pierres. — Les substances pierreuses s'exploitent soit à ciel ouvert, soit souterrainement dans des ateliers qui prennent le nom de carrières. Leur nature et leurs usages sont très-variés; quelques-uns forment

l'objet d'un important commerce et se transportent au loin.

Pierre à plâtre ou *gypse* (sulfate de chaux hydraté). — Elle existe en masses considérables dans l'étage moyen du bassin de Paris; on en rencontre encore des gisements très-importants dans la formation des marnes irisées, principalement dans le département de Saône-et-Loire. La pierre à plâtre des environs de Paris, renommée par sa qualité, est expédiée dans une grande partie de la France et en Amérique; elle est extraite de trois couches superposées, dont la puissance totale s'élève jusqu'à 30 mètres. En 1835 on exploitait la pierre à plâtre dans 38 départements, et on estimait que 4,000 ouvriers étaient employés à ce travail.

Pierre à chaux. — Formée essentiellement de carbonate de chaux, elle est souvent mélangée d'argile dans un état de division très-grand qui lui donne des propriétés hydrauliques plus ou moins énergiques, suivant la proportion du mélange. Les calcaires à chaux grasse sont répandus en masses considérables sur une partie du sol de la France; les calcaires à chaux hydraulique se rencontrent sur un très-grand nombre de points, principalement dans les terrains jurassiques; plusieurs couches de ces terrains donnent des ciments naturels d'excellente qualité, ceux de Pouilly (Côte-d'Or) et de Vassy (Yonne), par exemple.

Argiles. — Elles reçoivent de nombreuses applications dans les arts, suivant leur nature et leur degré de pureté. On distingue le kaolin, résultant de la décomposition de certaines roches primitives, et servant de base à la pâte de porcelaine. Les principaux gisements sont à Saint-Yrieix dans la Haute-Vienne, où les travaux d'exploitation occupent plus de 600 ouvriers; aux Pelins (Ardèche), dont les carrières alimentent les fabriques de Bayeux. Les argiles fines sont employées pour la fabrication de la faïence fine et de la porcelaine opaque; les argiles réfractaires servent à la confection des creusets de verrerie, des briques réfractaires, etc.; les argiles communes exploitées en masses considérables, surtout dans les départements du nord, pour la fabrication des briques, des tuiles, carreaux, etc.

Ardoises. — Elles sont l'objet d'exploitations très-rares dans les Ardennes, dans les environs d'Angers (Maine-et-Loire), de Châteaulin (Finistère); elles se répandent dans différents points sur toute la surface de la France, et paraissent en outre destinées à devenir l'objet d'exportations très-importantes; les carrières d'Angers à elles seules produisent 130,000 d'ardoises et occupent environ 3,000 ouvriers. Les ardoises sont fournies par des schistes de transitio[illegible]ès-fissiles et peu fissurés, ce qui permet de les diviser en lames minces et d'une assez grande étendue en surface. On donne souvent le nom d'ardoises à des dalles minces employées pour les constructions régulières. Indépendamment des schistes ardoisiers qui fournissent des dalles d'une grande dimension dont on a fait jusqu'à des tables de billard, on rencontre en France des roches disposées en couches minces qui sont exploitées pour dalles, et parmi lesquelles on peut citer au premier rang la pierre de liais des environs de Paris et les laves de Volvic.

Pierres de construction. — Elles sont empruntées aux formations géologiques variées qui constituent le sol de la France; on peut citer parmi les matériaux les plus connus les granits du Finistère, d'Ile-et-Vilaine, des Côtes-du-Nord, de la Manche, du Calvados, de la Corse, etc.; les laves du Puy-de-Dôme, les grès des Vosges, les calcaires jurassiques qui recouvrent une grande partie du territoire autour du bassin de Paris et du massif primitif du centre de la France; la craie dure des bords de la Loire et de la basse Seine, les calcaires grossiers, les grès et les meulières des environs de Paris.

Les pierres polies et taillées, pour les arts et l'ornement, comprennent, parmi les plus remarquables, les granits de Corse et du Finistère, les marbres des Pyrénées, de la Mayenne et des Ardennes, les calcaires lithographiques de Châteauroux, les pierres à meules de la Ferté-sous-Jouarre et de Bergerac, les pierres à fusil de Loir-et-Cher, etc.

Les marnes, argiles et sables, exploités sur une foule de points pour l'amendement des terres, la fabrication du verre, la confection des mortiers, etc., viennent compléter la série des substances pierreuses dont l'exploitation forme une des richesses du pays.

Le tableau suivant, quelque grossière que soit l'approximation des nombres qu'il renferme, donnera cependant une idée satisfaisante de l'importance de cette branche de l'industrie minérale; il se rapporte aux produits de l'année 1835. Ce tableau ne donne que la valeur des produits sur les lieux d'extraction, et ne comprend pas les frais de transport aux lieux de consommation, qu'on peut évaluer, sans crainte d'exagération, à 25 ou 30 p. 0/0 de la valeur des matériaux; l'exploitation des matériaux de toute espèce a pris, depuis l'époque à laquelle se rapporte ce tableau, un accroissement très-rapide, en rapport avec l'accroissement du bien-être général des populations qui se manifeste surtout par la multitude des constructions nouvelles qu'on voit s'élever sur tous les points du territoire.

TABLEAU

DE LA PRODUCTION DES SUBSTANCES PIERREUSES.

Nature des Matériaux.	Nombre des carrières exploitées.	Nombre total des ouvriers.	Valeur des produits.
Pierres polies et taillées	876	4,979	4,764,772

Matériaux de construction	9,768	35,010	19,626,258
Dalles et ardoises	535	5,788	4,401,656
Kaolin et argiles fines	543	1,646	867,264
Argiles communes	4,448	8,502	2,201,745
Pierre à chaux	2,612	8,367	2,857,250
Pierre à plâtre	885	4,055	4,271,905
Marnes, Argiles, Sables, etc.	544	2,109	1,207,495
Totaux	20,011	70,595	40,118,521

IV. Matières salines. — Les terres pyriteuses et alumineuses, ou argiles bitumineuses chargées de pyrite de fer, sont exploitées dans sept départements seulement, et principalement dans ceux de l'Aisne, de l'Oise et du Bas-Rhin, où elles sont employées à la fabrication de l'alun et de la couperose ou sulfate de fer; elles appartiennent à la partie inférieure des terrains tertiaires. Les cendres qui restent comme résidu de leur traitement sont très-recherchées pour l'amendement des terres.

Le sel (chlorure de sodium) extrait du sein de la terre, où il forme des couches très-puissantes, sous le nom de sel gemme; des sources salées qui sortent des terrains salifères et des eaux de la mer. — Le sel gemme se rencontre en très-grande abondance dans le territoire des marnes irisées et du Muschelkalk, du nord-est de la France, et dans la chaîne des Pyrénées, en relation avec des roches ignées. — Le sel marin est extrait des eaux de la mer, par évaporation artificielle ou spontanée.

Les principaux marais salants sont dans les départements des Bouches-du-Rhône, de la Charente-Inférieure, de l'Hérault, de la Loire-Inférieure, de la Manche, du Var et de la Vendée. Le tableau ci-joint indiquera la production totale des mines, sources salines, marais salants, pendant les six années consécutives dont nous avons déjà plusieurs fois comparé les produits.

TABLEAU
DE LA PRODUCTION DU SEL.

Années.	Nombre des ouvriers employés.	Production des mines et sources salées.	Production des marais salants.	Production Total.	Valeur totale.
		quint.	quint.	quint.	francs.
1837	16,087	398,917	3,900,808	3,299,725	8,308,901
1838	17,750	400,725	3,130,524	3,531,249	8,863,732
1839	21,425	432,770	3,135,296	3,568,066	10,171,431
1840	25,480	486,872	3,467,136	3,954,008	11,210,288
1841	25,753	418,397	2,554,677	2,973,074	7,382,002
1842	10,894	478,255	3,590,056	4,077,291	14,880,451
Moyenne.	19,251	436,151	3,131,081	3,567,234	10.187,634

Eaux minérales. — Elles sont également un produit très-important du règne minéral; les Pyrénées, l'Auvergne et les Vosges sont célèbres par leurs eaux minérales et thermales, qui attirent chaque année un nombre considérable de malades. En 1840, un relevé fait par l'administration des mines portait à 750 le nombre des sources, et à 75,000 le nombre des personnes qui fréquentaient cet établissement, sans y comprendre les habitants des localités voisines. Les travaux d'aménagement commencés ou projetés pour les sources principales auront pour résultat d'augmenter leur produit et de permettre à un plus grand nombre de malades de les fréquenter.

Les sources minérales abondent particulièrement dans les régions montagneuses dont le sol est composé de roches anciennes ou volcaniques; on n'en rencontre qu'un petit nombre dans les pays de plaine, et encore n'y jouissent-elles que d'une faible vertu minéralisante. On peut s'en convaincre par l'inspection du tableau suivant, dans lequel on a réparti les 750 sources connues entre nos divers systèmes de montagnes.

1. Système des Pyrénées.		220	685
2. — des montagnes centrales		270	
3. — des Vosges.		80	
4. — des montagnes du nord-ouest.		66	
5. — des Alpes.		28	
6. — de la Corse		12	
7. — des Ardennes.		7	
8. Pays de plaine :			
	Bassin géologique de Paris.	62	67
	Autres bassins	5	
	Total.		750

Puits artésiens.— Leur forage a pour objet d'amener à la surface les eaux qui circulent dans le sein de la terre. Cette branche d'industrie a pris un grand développement depuis une vingtaine d'années. Les eaux jaillissantes se rencontrent plus particulièrement dans le nord-ouest de la France, où les alternances des couches argileuses et sablonneuses des terrains tertiaires et secondaires présentent un ensemble de circonstances favorables au succès des forages. — Le puits des abattoirs de Grenelle, qui va chercher à la profondeur de 547^{m} des eaux qui s'élèvent à 34^{m} au-dessus de la surface du sol, est le plus beau résultat de ce genre.

Le nombre total des puits artésiens creusés pour la recherche des eaux jaillissantes, par MM. Degousée et Mulot, s'est élevé à près de 400, sans y comprendre les nombreux puits forés pour recherches de houilles, de sel, et reconnaissance de terrains.

V. Combustibles. — *Préliminaires.*— L'exploitation des combustibles minéraux est la branche la plus importante de l'industrie minérale ; ils fournissent à la plupart des grandes villes leur éclairage, aux industries de toutes sortes le chauffage de leurs machines à vapeur et de leurs fourneaux ; ils forment maintenant un élément indispensable pour la fabrication du fer, et sur beaucoup de points ils servent exclusivement au chauffage domestique. — Le combustible minéral entre pour plus d'un tiers dans la consommation totale de combustible en France, et les mines indigènes y participent pour les sept dixièmes environ. — C'est à l'accroissement rapide de la production et de la consommation de la houille que notre industrie à dû son rapide développement depuis quarante années.

Graphite. — Exclusivement formé de carbone, il appartient aux formations anciennes et n'est employé qu'à des usages assez restreints, pour la fabrication des crayons, des creusets réfractaires, etc. Il ne présente en France que des gîtes accidentels et inexploités.

Anthracite. — Elle appartient au terrain de transition ou à la partie inférieure de terrain carbonnifère, et, par exception, aux terrains secondaires ; elle se distingue de la houille par la proportion de carbone qu'elle renferme, et qui varie de 93 à 97 p. 0/0, abstraction faite des cendres. Elle est sèche et brûle presque sans flamme. Elle est principalement employée pour la cuisson de la chaux ; les anthracites françaises, décrépitant avec une grande facilité, n'ont pas pu jusqu'ici être employées pour la fabrication du fer. — Les principaux gisements sont ceux de la Sarthe et de la Mayenne, dans le terrain de transition, et ceux de l'Isère, dans le terrain jurassique.

Houille. —Elle ne se distingue de l'anthracite que par une plus forte portion de matières volatiles, et s'y rattache d'une manière insensible par l'intermédiaire des houilles sèches. Elle appartient au terrain houiller proprement dit, et se trouve encore, par exception, dans le terrain de transition et les terrains secondaires ; elle se partage en plusieurs classes correspondant à la fois à ses usages industriels et à sa composition chimique : houille grasse et dure à courte flamme, recherchée plus particulièrement pour la fabrication du coke ; houille grasse maréchale, la plus estimée pour la forge ; houille grasse à longue flamme, très-recherchée pour la grille, la fabrication du gaz d'éclairage, et pouvant être encore employée avec succès pour la carbonisation et la forge; houille sèche à longue flamme, d'un bon usage pour la grille. Dans ces diverses espèces de houille, la quantité d'hydrogène restant à peu près constante, la quantité d'oxygène va en augmentant en même temps que la proportion de carbone diminue, dans l'ordre qui vient d'être indiqué. Indépendamment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, qui sont ses éléments essentiels, la houille renferme une proportion très-variable de cendres, qui diminuent sa qualité; elle dégage fréquemment de l'hydrogène carbonné, ou grison, qui forme avec l'air des mélanges détonnants, et donne lieu, dans l'intérieur des mines, à des explosions terribles. — La houille est disséminée sur un très-grand nombre de points en France ; les principaux bassins houillers sont ceux de la Loire (Saint-Etienne et Rive-de-Gier), de Valenciennes, d'Alais, du Creuzot et de Blanzy d'Aubin (Aveyron), et d'Epinac.

Lignite en bois fossile. — C'est un combustible arrivé à un état de décomposition moins avancé que la houille et se rapprochant plus du bois, dont il présente souvent encore la texture. On le rencontre en couches dans les terrains tertiaires. Les usages sont restreints au chauffage des chaudières. Les principales exploitations sont concentrées dans les Bouches-du-Rhône et le Bas-Rhin.

On compte maintenant en France 71 bassins carbonifères (anthracite, houille et lignite), qui s'étendent dans 49 départements et sont divisés entre 397 mines concédées ou à concéder. Leur production s'est élevée en 1848 à 35,920,843 quintaux, et elles ont employé 28,788 ouvriers.

TABLEAU

DE LA PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

	Ouvriers employés		Production		
Années	dans les mines de houille anthracite, etc.	dans les tourbières	Houille anthracite et lignite.	Tourbe.	Valeur totale sur le lieu d'extraction.
			quintaux.	quintaux.	francs.
1837	28,837	36,614	29,080,342	4,322,701	33,321,113

1838	26,216	36,958	31,132,523	3,953,520	34,416,570
1839	26,966	41,703	29,948,613	4,184,585	32,823,053
1840	27,754	45,870	30,033,820	4,472,691	32,935,967
1841	29,320	53,443	34,101,996	5,243,357	37,752,443
1842	28,788	59,000	35,920,843	5,326,184	38,823,963
Moyenne.	26,969	45,597	31,703,023	4,584,174	35,008,851

Tourbe. — C'est un combustible de formation récente, résultant de l'accumulation de plantes marécageuses plus ou moins décomposées. Elle présente, pour sa composition, un état intermédiaire entre les végétaux actuels et les lignites. Elle est employée pour le chauffage domestique, le chauffage des chaudières, la cuisson de la chaux et du plâtre, la fabrication du fer, etc. Les principales vallées tourbeuses se rencontrent dans les départements de l'Aisne, de l'Isère, de la Loire-Inférieure, de la Marne, du Nord, de l'Oise, du Pas-de-Calais, de Seine-et-Oise et de la Somme. — On compte maintenant en France, 2,527 tourbières, employant pendant six mois de l'année environ 59,000 ouvriers.

Nous réunirons dans un même tableau les produits des exploitations de combustibles minéraux et de tourbes pendant six années consécutives, pour montrer la tendance à l'accroissement d'importance qu'offre cette branche de l'industrie minérale.

Pour rendre ce fait plus sensible, nous donnerons pour différentes époques à partir de 1787, le chiffre de la production des mines indigènes de houille, anthracite et lignite, en y joignant pour chaque année le chiffre qui indique la différence entre l'importation et l'exportation, et le total de ces deux nombres, qui fera connaître la consommation propre du royaume.

TABLEAU

DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX DEPUIS 1787.

Années.	Production indigène.	Différence entre l'importation et l'exportation	Consommation.
	quintaux.	quintaux.	quintaux.
1787	2,150,000	1,885,919	4,035,919
1802	8,441,800	910,000	9,351,800
1811	7,736,941	900,000	8,636,941
1816	9,416,389	2,903,200	12,319,589
1821	11,347,111	2,471,286	13 818,897
1826	15,410,007	5,012,619	20,422,632
1831	17,603,857	5,378,261	22,982,118
1836	28,419,466	9,730,092	38,119,558
1841	34,101,996	15,696,925	49,798,921
1842	35,920,813	16.113,313	52,034,136

Bitumes minéraux. — Employés pour la fabrication des mastics et des enduits, ils s'exploitent à l'état de sables bitumineux, desquels on extrait le bitume, et de calcaires bitumineux ou asphaltiques, qui, par l'incorporation d'une certaine quantité de bitume pur, forment les mastics. Les gisements de bitume appartiennent aux terrains tertiaires, ou sont en relation avec des phénomènes volcaniques. Certains schistes bitumineux du terrain houiller de Saône-et-Loire sont exploités pour être soumis à la distillation et fournissent une huile minérale employée pour la fabrication du gaz aux Batignolles, près Paris; à Dijon, à Strasbourg, etc. — Les mines où l'on exploite les substances bitumineuses ont, en 1842, employé 423 ouvriers et fourni 36,371 quintaux de produis divers.

MINÉRALURGIE. — 1. *Préliminaires.* — Un grand nombre de substances minérales, telles que les combustibles, les pierres, sont livrées à la consommation à l'état brut; il en est d'autres qui ne sont susceptibles d'être utilisées qu'après avoir été soumises à une élaboration plus ou moins compliquée, qui les amène à l'état de produit marchand, et les rend susceptibles d'être appliquées aux besoins de la consommation ou d'être livrées aux diverses branches d'industrie qui les façonnent, sous mille formes diverses, pour les jeter ensuite dans le commerce. Les ateliers où s'exécute cette première transformation indispensable appartiennent encore à l'industrie minérale. L'agent presque exclusif de cette élaboration est le combustible végétal ou minéral employé à divers états ou sous diverses formes; les appareils dans lesquels on le fait réagir sur les substances minérales prennent le nom de foyer, fours

ou fourneaux. Lorsqu'il est nécessaire d'employer d'autres réactifs, ils sont presque toujours empruntés directement au règne minéral. — Le combustible est employé : 1° pour séparer un ou plusieurs éléments de la substance par simple décomposition et volatilisation; 2° pour réduire les oxydes par sa combinaison avec l'oxygène, ou déterminer une réaction chimique entre les agents en présence; 3° pour séparer par voie de fusion, en vertu de la différence de pesanteur spécifique, le produit marchand, ou déterminer l'incorporation des substances qui lui donnent sa composition définitive.

La minéralurgie se subdivise en deux parties distinctes : la métallurgie, ou élaboration des substances métalliques, et la minéralurgie proprement dite, ou élaboration des substances minérales non métalliques.

II Métallurgie. — *Industrie du fer.* — Le fer est livré au commerce sous trois états distincts : la fonte, l'acier et le fer proprement dit. Sous chacun de ces états il présente des propriétés essentiellement distinctes, et est employé à des usages différents. Ces propriétés résultent de la présence d'une petite quantité de carbone combiné avec le fer, qui s'élève à 4 ou 5 p. 0/0 au plus pour la fonte, et à 15 ou 20 dix-millièmes pour l'acier. — La fonte de fer ne paraît pas avoir été connue des anciens; ils tiraient immédiatement le fer des minerais, et obtenaient l'acier comme produit accidentel. Les méthodes corse et catalane, employées encore en Corse et dans les Pyrénées, différentes seulement par le degré de perfection du travail, nous offrent encore la trace de la méthode primitive arrivée à un grand degré de perfection.

Dans le traitement direct des minerais de fer, le minerai, mélangé avec du charbon de bois, est soumis, dans un foyer peu profond ouvert à la surface, à l'action d'un courant d'air forcé; l'oxyde de fer est réduit par l'oxyde de carbone; la gangue, amenée à l'état liquide, ou plutôt visqueux, se sépare en grande partie par liquation et permet aux particules de métal de se souder, de se rassembler en loupe ou masse poreuse imprégnée de scories; lorsque la réduction est complète et la loupe agglomérée, celle-ci est cinglée sous un marteau pesant qui achève de souder le métal, auquel on donne ensuite des chaudes successives pour l'amener, sous l'action répétée du marteau, à l'état de fer en barres. — En maintenant la loupe à l'abri du courant d'air, on peut arriver à déterminer ou plutôt à maintenir un état de carburation tel, que le fer réduit en barres ait la nature et les propriétés de l'acier.

Le procédé le plus généralement employé maintenant en France pour la préparation du fer est la méthode indirecte, dans laquelle on obtient d'abord de la fonte, qui est ensuite affinée et ramenée à l'état d'acier et de fer. — La fonte est fabriquée au moyen du charbon de bois, du bois desséché ou torréfié, ou du coke, dans des fourneaux à cuve, auxquels on donne spécialement le nom de hauts-fourneaux. On y dispose par lits alternatifs le combustible, le minerai et la castine (pierre calcaire destinée à vitrifier la gangue). Un courant d'air forcé, produit par des soufflets ou des machines à piston, est lancé dans le fourneau à sa partie inférieure; l'oxyde de fer se réduit, et le métal, en se carburant, passe à l'état de fonte, qui tombe en gouttelettes et s'accumule dans le creuset au fond du fourneau. La fonte est coulée lorsqu'elle remplit le creuset, et façonnée en prismes ou gueuses dans des moules en sable; certaines fontes sont moulées immédiatement en tuyaux, poteries, objets d'ornement; d'autres sont réservées pour le moulage ou seconde fusion qui s'opère dans des usines à part; enfin la plus grande partie est employée pour la fabrication du fer.

L'affinage s'exécute, soit au moyen du combustible végétal dans les feux de forge, où la liquéfaction et la décarburation de la fonte s'exécute au moyen d'un courant d'air forcé, sous la double influence de l'oxygène de l'air et de l'oxygène des crasses ou scories chargées d'oxyde de fer; soit au moyen du bois, de la tourbe ou de la houille, dans des fours à réverbère ou à flamme renversée, dans lesquels la fonte, sous l'action de la flamme seulement, est mise en fusion et décarburée par l'oxygène de l'air et des scories qui la baignent. — Dans ces deux procédés le fer, ramené à l'état métallique, se rassemble en loupes qui sont ensuite cinglées sous un marteau ou bien entre des laminoirs; par des réchauffages successifs, sous l'action du marteau ou des cylindres du laminoir, on achève de le façonner en barres de tous les échantillons.

L'acier est fabriqué, soit par un affinage incomplet de la fonte, soit par une opération spéciale nommée cémentation, dans laquelle le fer en barres est maintenu pendant longtemps en contact, à une très-haute température, avec du charbon en poudre.

En 1841, la France comptait 572 hauts-fourneaux, dont 518 consommaient exclusivement du bois ou du charbon de bois, 11 un mélange de coke et de charbon de bois, et 43 de coke seul; 127 forges catalanes et corses pour la conversion directe des minerais en fer; 1934 foyers ou fours pour l'affinage de la fonte, soit au moyen du charbon de bois, soit au moyen de la houille; 154 foyers ou fours pour la fabrication de l'acier. — Ces établissements avaient employé 16,407 ouvriers, exigé l'emploi de 131 machines à vapeur et 2,540 machines hydrauliques représentant une force de 22,663 chevaux-vapeur; consommé 10,944,308 quintaux de minerai, 3,508,512 q. de fonte, 5,944,184 q. de charbon de bois, 176,659 q. de bois, 1,759,242 q. de coke, 3,492,757 q. de houille, 4,627 q. de tourbe, et produit 3,771,419 q. de fonte, 2,637,470 q. de gros fer et 68,860 q. d'acier.

Le tableau suivant indiquera les résultats de la fabrication, non compris l'extraction, pendant les six années consécutives que nous avons déjà prises plusieurs fois pour exemple.

TABLEAU

DE LA PRODUCTION DU FER

Années.	Ouvriers employés dans les usines.	Produits bruts. Fontes.	Gros fer.	Acier.	Valeur totale créée par la fabrication seulement.
		quintaux.	quintaux.	quintaux.	francs.
1837	16,312	3,316,780	2,346,130	68,860	93,545,197
1838	16,677	3,501,718	2,317,609	74,048	84,796,545
1839	17,443	3,477,766	2,241,957	65,055	90,742,320
1840	14,093	3,477,736	2,373,789	66,074	90,934,901
1841	16,407	3,771,419	2,630,470	68,860	89,383,323
1842	16,191	3,994,557	2,848,238	71,102	98,425,836
Moyenne.	16,187	3,589,996	2,444,197	69,000	91,154,686

Les mines à fer de la France se partagent en quatre classes et douze groupes, correspondant à la nature des procédés en usage et à la situation des usines. La 1re classe comprend les usines dans lesquelles la fabrication de la fonte et du fer a lieu par l'emploi à peu près exclusif du charbon; elle se subdivise en cinq groupes.

1er groupe, de l'Est, comprenant les département de la Haute-Saône, la Côte-d'Or (S.-E. du dép.), Doubs, Jura, Vosges (S. du dép.), Haut-Rhin, Haute-Marne (2 usines au S.-E. du dép.), Meurthe.

2e groupe, du Nord-Ouest, comprenant les départements de l'Eure, Orne, Mayenne, Morbihan, Sarthe, Loire-Inférieure, Côtes-du-Nord, Eure-et-Loire, Ille-et-Vilaine, Manche, Loir-et-Cher, Maine-et-Loire, Finistère

3e groupe, de l'Indre, comprenant l'Indre, Vienne, Indre-et-Loire, Haute-Vienne (N.-O. du dép.), Deux-Sèvres.

4e groupe, du Périgord, comprenant Dordogne, Haute-Vienne (N. du dép.), Charente, Lot-et-Garonne (N.-E. du dép.), Tarn-et-Garonne, Corrèze, Lot, Puy-de-Dôme.

5e groupe, du S.-E., comprenant Isère (bassin de l'Isère), Vaucluse, Drôme.

La 2e classe, qui comprend les usines, fabrique la fonte et le fer en tout ou en partie, par l'emploi simultané ou alternatif du charbon de bois et des autres combustibles (houille, coke, tourbe et bois); elle se subdivise en 4 groupes :

6e groupe, du Nord-Est, comprenant Ardennes, Moselle, Meuse (N. du dép.), Nord (N. du dép.), Bas-Rhin, Aisne.

7e groupe, de Champagne, comprenant Haute-Marne (2 usines exceptées), Côte-d'Or (N.-O. du dép.), Meuse (S. du dép.), Vosges (O. du dép.), Yonne, Marne, Aube.

8e groupe, du Centre, comprenant Nièvre, Saône-et-Loire, Cher, Allier, Loiret.

9e groupe, du Sud-Ouest, comprenant Landes, Gironde, Basses-Pyrénées (Sud-O. du dép.), Lot-et-Garonne (O. du dép.)

La 3e classe renferme les usines qui fabriquent par l'emploi exclusif des combustibles minéraux (houille et coke); elle se subdivise en 2 groupes, dont le premier a un appendice pour quelques usines isolées.

10e groupe, aes houillières du Nord, comprenant Nord et Pas-de-Calais.

Appendice au 10e groupe, comprenant Oise, Seine, et Seine-et-Oise.

11e groupe, des houillères du Sud, comprenant Loire, Aveyron, Ardèche, Gard, Isère, (N.-O. du départ.), Rhône.

La 4e classe ne renferme que les usines dans lesquelles on opère la conversion directe du minerai de fer en fer malléable, par l'emploi exclusif du charbon de bois; elle ne présente qu'un groupe.

12e groupe, des Pyrénées et de la Corse, comprenant Ariège, Pyrénées-Orientales, Aude, Haute-Garonne, Tarn, Basses-Pyrénées (E. du dép.), Hautes-Pyrénées et Corse.

Plomb. — Il sort des usines où l'on traite les minerais à l'état de plomb pauvre et de litharge.

Argent. — Il est raffiné avant d'être livré au commerce. Le traitement des minerais de plomb argentifère, les seuls qu'on exploite en France, comprend deux opérations distinctes, la désulfuration et la réduction du minerai qui donne du plomb argentifère, et la séparation de l'argent et du plomb.

On emploie en France deux méthodes principales pour la réduction des minerais de plomb. La première consiste en principe à griller partiellement la galène, et, lorsqu'elle est arrivée à un degré d'oxydation convenable, à déterminer la réaction des parties oxydées sur le sulfure resté intact; il en résulte de l'acide sulfureux, qui se dégage, et du plomb métallique. La seconde consiste dans la désulfuration de la galène au moyen du fer métallique.

Dans la coupellation, le plomb riche mis en fusion est soumis à l'action d'un courant d'air forcé qui l'oxyde et le transforme en litharge où protoxyde de plomb, que l'on fait écouler par une rigole ménagée à cet effet, ou qui s'imbibe dans la coupelle; il reste un gâteau d'argent qui est ensuite raffiné. — Les litharges les plus pures sont livrées directement au commerce, les autres sont revivifiées à l'état de plomb de marchand.

Le tableau suivant fera connaître les variations éprouvées par la production des mines et usines où l'on exploite et prépare l'argent et les matières plombeuses.

TABLEAU

DE LA PRODUCTION DU PLOMB ET DE L'ARGENT.

Années.	Ouvriers dans les minerais et usines.	Produits marchands. Plomb.	Litharge.	Aliquifoux.	Argent.	Valeur totale créée.
		quintaux.		quin.	kilog.	francs.
1837	1,289	3,449	3,824	658	1,857	874.560
1838	756	3,756	2,293	825	1,515	713,351
1839	904	3,490	2.307	708	1,694	699,474
1840	1,363	1,927	2,213	818	1,915	703,675
1841	1,436	1,478	4,910	39	2,093	774,033
1842	1,223	1,632	4,836	53	2,374	844,583
Moyenn.	1,163	2,628	3,397	516	1,908	768,279

Cuivre. — Il s'extrait de ses minerais par des grillages répétés qui chassent le soufre et ramènent le métal à l'état d'oxyde, et par une fonte de réduction dans des fourneaux à réverbère. — Le quart environ du cuivre préparé en France est le produit accessoire de la fabrication de l'acide sulfurique au moyen des pyrites dans l'usine de Perrache, près Lyon; la production totale s'est élevée, en 1841, à 1,008 quintaux

TABLEAU

DE LA PRODUCTION DU CUIVRE.

Années.	Nombre d'ouvriers dans les mines et dans les usines.	Cuivre rosette.	Pyrites pauvres.	Valeur totale créée.
		quint.	quint.	francs.
1837	196	1,104	3,400	198.552
1838	195	700	10,000	184,000
1839	173	905	11,000	215,905
1840	181	800	515	355,690
1841	199	1,008	2,052	278,676
1842	153	885	2,610	257,560
Moyenn.	183	900	»	248,608

Antimoine. — Il s'obtient à l'état de sulfure par une simple liquation, et est en partie livré au commerce, à cet état, pour les préparations pharmaceutiques. L'antimoine métallique ou régule s'extrait du sulfure par un grillage suivi d'une fonte de réduction. Les mines où l'on prépare les produits antimoniaux ont occupé, en 1842, 45 ouvriers et livré 973 quintaux de sulfure fondu, 617 quintaux d'antimoine, et 28 quintaux de crocus ou oxysulfure.

Soufre. — Celui qui est produit en France s'extrait des pyrites de fer et de cuivre à l'état de soufre et plus particulièrement à l'état d'acide sulfureux, qui est immédiatement converti en acide sulfurique. La production de 1842 équivaut à 2,610 quintaux de soufre.

III. Minéralurgie proprement dite. — *Plâtre.* — Il est extrait du gypse par une simple cuisson à une basse température ; qui a pour objet de chasser l'eau de combinaison, dans des fours chauffés par la flamme du bois ou de la houille.

Chaux. — Elle est préparée par un procédé semblable, dans des fours de formes diverses, où elle éprouve une calcination à une température élevée qui a pour objet de chasser l'acide carbonique du carbonate de chaux, et, dans le cas particulier où la chaux est hydraulique, de déterminer la combinaison de la silice et de la chaux.

On distingue les chaux, en chaux grasses, chaux maigres, chaux hydrauliques et ciments. Les chaux grasses sont celles qui résultent de la calcination des pierres calcaires exemptes de matières étrangères. Par l'extinction elles s'échauffent fortement et foisonnent d'un volume égal à leur volume primitif. Les chaux maigres sont des chaux grasses mélangées de matières inertes qui contribuent seulement à diminuer leur qualité.

Les chaux hydrauliques ont la propriété de prendre plus ou moins rapidement et de durcir sur l'eau; elles ne donnent à l'extinction qu'un foisonnement très-faible, variable avec leur degré d'hydraulicité; elles doivent cette propriété à la présence dans la pierre calcaire d'une certaine quantité d'argile intimement disséminée, qui forme sur la cuisson des silicates de chaux et d'alumine présentant des propriétés essentiellement distinctes de celle de la chaux grasse. Les chaux hydrauliques, lorsqu'on les éteint, absorbent une certaine quantité d'eau, et se solidifient par suite même de cette combinaison, tandis que la solidification des chaux grasses n'a lieu que par l'absorption de l'acide carbonique de l'air. Ces silicates étant insolubles, il en résulte qu'ils peuvent être immergés sous l'eau et s'y solidifier sans être délayés et entraînés. — L'expérience a démontré qu'une proportion de 15 p. 100 d'argile intimement disséminée dans les pierres calcaires, donne des chaux hydrauliques de très-bonne qualité, durcissant sous l'eau dans l'espace de quelques jours. Lorsque la proportion d'argile est de 30 pour 0/0, le durcissement est presque instantané, et se fait en quelques minutes. Les pierres ainsi composées prennent alors le nom de ciments naturels, et deviennent propres à plusieurs usages spéciaux ; tels sont ceux de Pouilly (Côte-d'Or), de Vassy (Yonne). Certains calcaires magnésiens et les calcaires à chaux grasse, imparfaitement cuits, donnent aussi des chaux jouissant de propriétés hydrauliques, mais d'un emploi beaucoup moins sûr que les chaux hydrauliques proprement dites. La connaissance exacte des causes de

l'hydraulicité de certaines chaux a conduit naturellement à fabriquer des chaux hydrauliques artificielles au moyen de la craie et de l'argile mélangées intimement en proportions convenables. Cette fabrication a pris un développement très-remarquable dans les environs de Paris. — On peut encore remplacer dans beaucoup de cas les chaux hydrauliques par un mélange de chaux grasse et de pouzzolane ou d'argile cuite à un degré assez faible, tel, qu'ayant perdu son eau de combinaison, elle conserve encore assez d'affinité pour former avec la chaux un silicate hydraté durcissant sous l'eau. Le ciment de briques et de tuileaux n'est qu'une pouzzolane imparfaite.

Poteries. — Ce nom s'applique à une foule d'objets différents par leur forme et leurs usages, mais qui, par les principes essentiels de leur fabrication, n'appartiennent qu'à une seule et même branche de l'industrie minérale. Les poteries sont toutes fabriquées au moyen d'argiles façonnées sous mille formes diverses et soumises à l'action de la chaleur, qui leur donne la solidité et les propriétés nécessaires. Les briques, les carreaux, les tuiles, les pots-à-fleur, et autres vases qui ne sont pas enduits d'un vernis à la surface, portent plus particulièrement le nom de terres cuites. Ils sont fabriqués par les argiles les plus communes. — On distingue ensuite, suivant la finesse et la nature de la pâte, le degré de cuisson, etc., les poteries communes, la faïence commune, la faïence fine et anglaise, que l'on recouvre d'un vernis plombeux; le grès cérame, ou poteries de grès, très-fortement cuit et vitrifié à la surface par du sel marin qu'on projette dans les fours; la porcelaine, qui se divise en porcelaine dure ou chinoise à pâte fine, translucide, recouverte d'un vernis terreux sans addition de matières plombeuses, et la porcelaine tendre ou française, recouverte d'un vernis plombifère transparent et tendre. La porcelaine dure est fabriquée avec un mélange de kaolin et de sable blanc, et recouverte d'un enduit de feldspath vitrifié.

Verres. — Ce sont des silicates multiples dans lesquels la silice entre toujours comme élément essentiel, et dont les bases varient en nature et en proportion suivant les usages auxquels on les destine. Les matières qui entrent dans la composition du verre sont fondues à une température très-élevée dans des pots en creusets réfractaires et amenées à l'état liquide pour être façonnées soit par insufflation, soit par moulage et coulage. — Les verres à bouteille, les verres à vitres, les vases en cristal, sont soufflés; les minces objets, telles que salières, bobèches, etc., en cristal, sont moulés; enfin les glaces sont coulées. Les propriétés des diverses espèces de verre dépendent principalement de la nature des matières employées pour les fabriquer, et par conséquent de leur composition chimique. Dans le verre blanc la soude est la base dominante; dans le verre à bouteille, la chaux et l'alumine; dans le cristal, l'oxyde de plomb.

En 1835, on évaluait à 150,000,000 fr. environ la valeur créée par l'élaboration des différentes substances minérales non métalliques, tels que la chaux, le plâtre, les poteries et les verres de toute espèce; cette branche de l'industrie minérale a certainement pris, depuis cette époque, un développement considérable.

Alun et couperose. — Ce sont des produits du traitement des terres pyriteuses et alumineuses. Pour obtenir la couperose ou sulfate de fer, on détermine par une exposition à l'air la décomposition des pyrites et l'oxydation des deux éléments du sulfure de fer; il en résulte immédiatement du sulfate de fer, qu'on sépare au moyen d'un simple lessivage : en grillant ces mêmes terres pyriteuses soit directement, soit après l'extraction de la plus grande partie du sulfate de fer, on détermine, par la réaction de l'acide sulfurique sur l'alumine, de l'argile, la formation du sulfate d'alumine; on en sépare le sulfate de fer qui se forme en même temps par plusieurs cristallisations successives, et, en ajoutant dans les eaux-mères du sulfate de potasse ou d'ammoniaque, on obtient un précipité d'alun. On fabrique en outre des quantités assez considérables de couperose, en traitant directement le fer par l'acide sulfurique. On désigne sous le nom de magmas des résidus de la séparation de la couperose, qui sont traités à part dans de petites usines pour la préparation de l'alun.

La production de la France, en 1841, s'est élevée à 40,469 quintaux d'alun et 44,592 quintaux de couperose. Le tableau ci-joint fera voir quelles ont été les variations dans les produits de cette fabrication pendant six des dernières années; il ne comprend pas les produits du traitement direct de la ferraille par l'acide sulfurique.

TABLEAU

DE LA PRODUCTION DE L'ALUN ET DE LA COUPEROSE.

Années.	Ouvriers dans les mines et usines.	Alun.	Couperose.	Magmas.	Valeur totale créée.
		quintaux.	quintaux.	quintaux.	francs.
1837	1,226	27,867	23,450	33,587	1,440,257
1838	419	25,833	28,000	[illegible]0,526	1,350,011
1839	583	28,965	36,095	35,450	1,612,510
1840	927	33,654	32,232	40,400	1,781,197

1841	893	40,469	44,592	15,325	2,052,043
1842	867	26,642	27,692	30,100	1,413,243
Moyenne.	818	30,909	32,010	32 716	1,608,209

Histoire et Bibliographie de l'industrie minérale en France.—1. *Esquisse historique.* — Les premiers travaux d'exploitation des mines remontent à une époque très-reculée; ils étaient déjà en activité dans le midi des Gaules à l'époque de l'invasion de Jules César; plusieurs passages de ses *Commentaires* témoignent de l'habileté des mineurs gaulois, qui mirent à profit leur expérience des travaux souterrains pour la défense de leurs villes. Nous citerons ici deux de ces passages qui mettent complétement ce fait en évidence.

Lotiates (les habitants des environs de Lectoure et d'Aire) *obsessi cuniculis ad aggerem* actis (*cujus rei sunt longe, peritissimi Aquitani, propterea quod multis locis apud eos œrariæ secturæ sunt, legatos ad Crassum mittunt*, etc...... *Bituriges* (les habitants de Bourges, alors assiégés), *aggerem cuniculis subtrahebant, eo scientius, quod apud eos magnæ sunt ferrariæ, atque omne genus cuniculorum notum atque usitatum est.*

Les Gaulois s'adonnaient principalement à l'exploitation des mines de cuivre et de fer. Il est probable que chez les peuples auxquels les Romains donnaient le nom de Barbares, et qu'ils réunirent successivement à l'empire, la profession de mineur n'avait rien de servile; les Romains, au contraire, faisaient exploiter les mines par les esclaves. Ce n'est que sous le règne de Tibère, que les ouvriers cessèrent d'être exclusivement des condamnés. On vit même, sous le règne de Claude, un général romain faire exploiter des mines par ses soldats.

Les empereurs romains rendirent de nombreux décrets relatifs aux mines; mais l'invasion des Barbares et la dissolution de l'empire amenèrent la décadence rapide de cette industrie. Charlemagne est un des premiers souverains qui aient cherché à rendre de l'activité aux mines; il comptait, parmi les revenus de la couronne, la recette qui provenait des forges et des mines de fer et de plomb. — Plusieurs rois, Charles VI, Charles VII, Louis XI, etc., accordèrent des priviléges aux mineurs, et rendirent des ordonnances pour encourager leurs entreprises; mais les modifications continuellement apportées à la constitution de la propriété des mines furent pour elles une cause de ruine, et, pendant longtemps, un obstacle à leur développement. — La découverte de l'Amérique vint jeter dans les entreprises de mines métalliques une perturbation funeste, en produisant une dépréciation rapide des métaux précieux. Pour beaucoup de mines, par suite de cette dépréciation et de l'enchérissement de la main-d'œuvre et des matières premières, les produits sont devenus insuffisants pour payer les dépenses de l'exploitation. Certaines mines de cuivre, par exemple, dont le métal était monnaye, ont fini par ne plus fournir un nombre de pièces de monnaies suffisant pour payer les dépenses de toute espèce, et ont dû être abandonnées. Les mines, qui ont survécu à ces causes de ruine, n'ont dû leur salut qu'à la richesse de leurs minerais, au perfectionnement des procédés d'exploitation et de traitement métallurgique, et particulièrement à la découverte de la poudre et à son introduction dans les travaux de mines, en 1615. Avant cette époque, les mineurs employaient les outils et le feu pour entamer les roches. C'est au moyen du feu qu'Annibal, imitant le procédé qu'il avait vu en usage dans les mines de l'Espagne, surmonta les difficultés que lui présentait le passage des Alpes.

Les exploitations de combustible et de fer, qui ne se trouvaient pas affectées par les mêmes causes de ruine, ont pris au contraire un développement remarquable, surtout depuis la fin du siècle dernier, et se sont maintenues au niveau des rapides progrès de l'industrie française. — La nécessité où la France s'est trouvée, pendant les guerres de la République et de l'Empire, de tirer toutes ses ressources de son propre sol, a puissamment contribué au développement de la richesse minérale. — C'est à cette époque que le gouvernement a commencé à prendre des mesures efficaces pour favoriser ce mouvement : une chaire de minéralogie et de métallurgie avait été fondée, en 1778, à Paris, et une école des mines en 1783. La création de l'école Polytechnique et d'une école d'application pour les ingénieurs des mines, et la fondation, en 1816, de l'école des mineurs de Saint-Etienne, destinée à former des directeurs de mines et d'usines, ont fourni à l'industrie minérale l'élément scientifique qui lui manquait et sans lequel ses progrès ne pouvaient être que restreints. La loi du 21 avril 1810 a donné enfin à la propriété des mines la stabilité qui lui manquait, en définissant nettement sa nature et ses droits, et en consacrant en sa faveur le principe de l'expropriation forcée pour cause d'utilité publique.

L'exploitation des mines métalliques est bien antérieure à la conquête des Gaules par les Romains; mais les combustibles minéraux sont restés longtemps sans être exploités, l'abondance du combustible végétal ayant rendu longtemps leur usage inutile. Il est probable cependant que les habitants des contrées carbonifères ont commencé à une époque reculée à consommer la houille, qu'ils arrachaient à la surface pour leur usage personnel et local; elle n'est devenue l'objet d'une exploitation et d'un commerce un peu importants que deux siècles après l'ouverture des mines de Liége et de New-

castle, qui a eu lieu dans le XIIIe siècle. L'édit de Charles VI sur les mines, du 30 mai 1413, ne mentionne pas le combustible minéral, ce qui fait supposer qu'à cette époque il n'y avait pas d'exploitations suivies. On voit la houille arriver pour la première fois en 1520 à Paris, où la faculté de médecine eut à décider si l'emploi de cette nouvelle substance ne serait pas nuisible à la salubrité publique. Enfin, c'est en 1548 que les mines de houille commencent à être citées dans un document historique. Les premières exploitations dignes de ce nom ont été, selon toutes les apparences, établies sur les affleurements des couches puissantes de Saint-Etienne et de Brussac (Haute-Loire).

En 1787, la production des mines de houille françaises était de 10,033,803 quintaux; en 1837, de 29,887,351; et enfin en 1841, de 34,101,969 q. Elle est donc maintenant 16 à 17 fois plus considérable qu'en 1787.

La fabrication du fer a eu lieu longtemps par la méthode directe, dont nous retrouvons la trace dans les forges corses et catalanes. Les forges où le fer s'obtenait immédiatement à l'état de fer malléable, avec une consommation considérable de minerai et de charbon, n'ont fait place que successivement aux usines actuelles, où les minerais sont fondus dans de hauts fourneaux et donnent comme premier produit de la fonte, qui doit être ensuite affinée dans des foyers spéciaux pour être transformée en fer malléable. A de simples creusets succédèrent des petits fourneaux de 1 mètre de hauteur pour les minerais ordinaires, et de 2 mètres seulement pour les minerais réfractaires. Dans ces fourneaux, on obtenait une masse de fer brut qui pouvait être immédiatement cinglée sous le marteau; dans quelques cas seulement on obtenait accidentellement du fer trop carburé, qui devait être repassé dans un autre foyer sous l'action d'un courant d'air forcé; en élevant les fourneaux à 4 mètres et au-dessus, et en adoptant par suite, comme conséquence de la carburation plus complète du fer, qui restait plus longtemps et à une température plus élevée en contact avec le combustible, l'affinage de la fonte dans un foyer spécial, on est arrivé naturellement au procédé actuel. Il existait déjà des hauts-fourneaux, produisant de la fonte moulée en première fusion, au commencement du XVIe siècle, et il est probable que l'origine du procédé actuel remonte en France au commencement du XVe siècle. — l'emploi du coke dans les hauts-fourneaux a été importé d'Angleterre et remonte à l'année 1783; la fonderie du Creuzot (Saône-et-Loire) a été longtemps la seule où le combustible minéral ait été utilisé pour la fusion du minérai; ce n'est que depuis 1821 que la fabrication de la fonte au coke a pris un grand développement. — L'emploi de la houille pour l'affinage de la fonte obtenue au charbon de bois ne remonte qu'à l'année 1825. Dans ces dernières années, l'industrie sidérurgique a reçu de grands perfectionnements, parmi lesquels on doit compter au premier rang l'emploi de l'air chauffé dans les hauts-fourneaux et les foyers d'affinerie, l'emploi des flammes perdues, pour le chauffage de l'air, des chaudières; le grillage des minérais, la cuisson des briques et de la chaux, et enfin, l'emploi des gaz combustibles des hauts-fourneaux pour l'affinage de la fonte et l'élaboration du gros fer dans des fours à réverbère. L'emploi de l'air chaud n'a été introduit en France, où il a été importé d'Angleterre, qu'en 1832. En 1814, M. Berthier, maintenant inspecteur général des mines, signalait l'emploi des flammes perdues des hauts-fourneaux et des foyers d'affinerie comme l'un des perfectionnements les plus importants qu'on pût apporter à l'industrie du fer, et cette innovation, réalisée dès cette époque en France, bien qu'elle n'y soit devenue générale que depuis une dizaine d'années, a facilité tous les autres progrès obtenus depuis dans l'art des forges. — En 1836, M. Sire, employé dans les forges de la Haute-Saône, prenait un brevet pour un système complet de fabrication du fer au moyen des gaz des hauts-fourneaux, un an avant les premiers essais de ce genre tentés en Allemagne.

L'invention du verre est très-ancienne et est attribuée aux Phéniciens. Quelques vases de verre commun, trouvés dans des tombeaux antiques, pourraient faire présumer que cette fabrication a été connue des Gaulois; mais il faut remonter jusqu'au temps des croisades pour trouver la date de l'établissement des premières verreries. Après la seconde croisade, plusieurs fabriques de verre s'établirent en France. Jusqu'à Colbert, les produits de cette fabrication restèrent très-grossiers, et c'est en accordant à cette industrie une protection toute spéciale que ce grand ministre lui a fait faire de rapides progrès. Des artistes français, qui avaient appris à Venise à connaître les principes de la fabrication des glaces, furent appelés par lui, et fondèrent la première fabrique de glace, en 1665, à Tourlaville, près de Cherbourg. Le coulage des glaces fut inventé en 1683, par l'un d'eux, qui fonda son premier établissement à Paris, et le transporta, en 1691, à Saint-Gobain (Aisne).

C'est à un savant ingénieur français, M. Vicat, que l'on doit la connaissance exacte de la nature et des propriétés des chaux hydroliques. Ses travaux, qui remontent à l'année 1812, ont fait faire un immense progrès à l'art des constructions en ce qui concerne la fabrication des mortiers. — La chaux était la base des constructions que les Romains ont laissées sur le sol de la Gaule; l'emploi du plâtre est plus récent, et il serait difficile d'assigner une date à son introduction dans les constructions.

2. *Etat actuel de l'industrie minérale par département.* — Les produits inorganiques qui forment l'objet des différentes branches de l'industrie minérale sont fournis, en proportions très-variables, par chacun des 86 départements qui composent le territoire. La valeur totale créée par cette industrie de-

puis plusieurs années est répartie ainsi que l'indique le tableau suivant. Les trois départements dans lesquels cette branche d'industrie a pris le plus grand développement, en 1842, sont ceux du Nord, de la Loire et de la Seine, dont le premier a créé une valeur de 22,116,345 francs.

TABLEAU

DES VALEURS CRÉÉES DANS CHAQUE DÉPARTEMENT POUR LES DIVERSES BRANCHES DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Indication des départements.			Indication des départements.			Indication des départements.		
Nos d'ordre.	Noms des départements.	Valeur totale créée. francs.	Nos d'ordre.	Noms des départements.	Valeur totale créée. francs.	Nos d'ordre.	Noms des départements.	Valeur totale créée. francs.
1	Nord	22,116,345	31	Loiret	4,902,064	61	Garonne (Hte-)	1,690,572
2	Loire	20,802,453	32	Hérault	4,890,844	62	Ain	1,623,208
3	Seine	20,387,293	33	Charente-Inf.	4,834,344	63	Tarn	1,572,829
4	Meurthe	14,625,862	34	Seine-et-Oise	4,801,585	64	Pyrénées-Or.	1,552,160
5	Moselle	13,032,847	35	Loire-Inf.	4,628,778	65	Finistère	1,470,603
6	Marne (Hte-)	12,526,336	36	Calvados	4,606,281	66	Drôme	1,339,965
7	Aisne	11,983,903	37	Mayenne	4,339,163	67	Sèvres (Deux-)	1,100,886
8	Nièvre	11,592,298	38	Var	4,154,433	68	Eure-et-Loir	1,091,411
9	Bo.-du-Rhône	11,401,647	39	Dordogne	4,064,851	69	Vendée	1,089,617
10	Saône-et-Loire	10,627,406	40	Ariège	4,019,368	70	Vienne	935,954
11	Gard	10,310,727	41	Aveyron	3,719,127	71	Vaucluse	994,296
12	Ardennes	9,793,517	42	Jura	3,637,929	72	Loir-et-Cher	900,769
13	Saône (Hte)	9,596,825	43	Pyrénées (B-.)	3,366,276	73	Loire (Hte-)	809,693
14	Cher	9,287,605	44	Orne	3,203,320	74	Morbihan	737,313
15	Seine-et-Marne	8,807,077	45	Aude	3,194,773	75	Côtes-du-Nord	735,697
16	Côte-d'Or	8,301,155	46	Allier	3,124,304	76	Corrèze	511,859
17	Seine-Inf.	7,735,543	47	Rhin (Haut-)	2,952,074	77	Creuse	432,768
18	Oise	6,987,100	48	Indre	2,948,114	78	Lot	419,985
19	Meuse	6,641,015	49	Sarthe	2,900,704	79	Cantal	277,768
20	Eure	6,267,879	50	Charente	2,566,127	80	Lozère	209,554
21	Isère	6,114,621	51	Yonne	3,548,377	81	Lot-et-Gar.	206,542
22	Somme	5,486,615	52	Lot-et Gar.	2,491,460	82	Alpes (Basses-)	195,737
23	Maine-et-Loire	5,379,812	53	Landes	2,489,376	83	Corse	161,374
24	Pas-de-Calais	5,323,681	54	Ardèche	2,464,801	84	Alpes (Htes-)	83,741
25	Rhin (Bas-)	5,215,825	55	Puy-de-Dôme	2,371,680	85	Pyrénées (Htes-)	81,316
26	Gironde	5,210,038	56	Manche	2,056,669	86	Gers	» »
27	Vosges	5,163,674	57	Marne	1,953,805			
28	Vienne (Hte-)	5,062,058	58	Indre et-Loire	1,835,050		Totaux	404,496,704
29	Doubs	4,993,756	59	Aube	1,753,274			
30	Rhône	4,964,120	60	Ille-et-Vilaine	1,713,253			

Le tableau suivant montre les départements rangés suivant l'ordre d'importance des produits qu'ils ont donnés, pendant 1842, en réunissant toutes les branches de l'industrie minérale.

La légende suivante, où les départements sont rangés par ordre alphabétique et où ils portent les mêmes numéros d'ordre que dans le tableau précédent, servira à faciliter les recherches dans ce tableau.

Ain	62	Dordogne	39	Lot	78	Rhin (Bas-)	25
Aisne	7	Doubs	29	Lot-et-Garonne	52	Rhin (Haut-)	47
Allier	46	Drôme	66	Lozère	80	Rhône	30
Alpes (Basses-)	82	Eure	20	Maine-et-Loire	23	Saône (Haute-)	13
Alpes (Hautes-)	48	Eure-et-Loire	68	Manche	56	Saône-et-Loire	10
Ardèche	54	Finistère	65	Marne	57	Sarthe	49
Ardennes	12	Gard	11	Marne (Haute-)	6	Seine	3
Ariège	40	Garonne (Haute-,	61	Mayenne	37	Seine-et-Marne	15
Aube	59	Gers	86	Meurthe	4	Seine-et-Oise	34
Aude	55	Gironde	26	Meuse	19	Seine-Inférieure	17
Aveyron	41	Hérault	32	Morbihan	74	Sèvres (Deux-)	67
Bouches-du-Rhône	9	Ile-et-Vilaine	60	Moselle	5	Somme	22
Calvados	36	Indre	43	Nièvre	8	Tarn	63
Cantal	79	Indre-et-Loire	58	Nord	1	Tarn-et-Garonne	81
Charente	50	Isère	21	Oise	18	Var	38
Charente-Inférieure	33	Jura	42	Orne	44	Vaucluse	71
Cher	14	Landes	53	Pas-de-Calais	24	Vendée	69
Corrèze	83	Loir-et-Cher	72	Puy-de-Dôme	55	Vienne	70
Corse	76	Loire	2	Pyrénées (Basses-)	43	Vienne (Haute-)	28
Côte-d'Or	16	Loire (Haute-)	73	Pyrénées (Hautes-)	85	Vosges	27
Côtes-du-Nord	75	Loire-Inférieure	35	Pyrénées-Orientales	64	Yonne	51
Creuse	77	Loiret	31				

INOCULATION. *Voy.* VACCINE.

J

JACQUART. *Voy.* Métier a la Jacquart.

JAUNE. *Gomme-Gutte* ou *Cambogirum.*— Gomme résineuse qui découle en suc laiteux du camboge, arbre des Indes. Ce suc s'épaissit au soleil, et nous vient en masses opaques, solides, très-dures, d'un jaune-orangé, fragiles, brillantes dans leurs cassures. M. Bouvier dit que l'on peût dépouiller la gomme-gutte de sa gomme naturelle et en tirer un jaune très-pur, très-vif, qui se réduit en poudre et dont plusieurs peintres de paysage font usage en Suisse, soit pour l'aquarelle, soit pour la gouache et pour la miniature. Il se pourrait que ce résidu, ainsi dépouillé de sa gomme, fût un beau jaune jonquille, propre à être employé à l'huile. L'on met quelques grammes de gomme-gutte bien choisie dans un pot vernissé qui soit neuf et n'ait pas servi; l'on jette de l'eau filtrée dessus, et on la laisse fondre; chaque jour on rejette l'eau, en s'arrêtant lorsqu'on voit le sédiment jaune près de s'écouler avec l'eau qu'on veut rejeter; on ajoute la nouvelle eau à la place de celle qu'on a enlevée, et assez pour qu'il y ait 10 à 12 centimètres au-dessus du jaune. On fait cette opération pendant au moins six semaines; après quoi on recueille le jaune, que l'on fait sécher, et qui peut servir à rehausser, comme le jaune de Naples, tant il est gommé.

La composition du véritable jaune de Naples n'est pas bien déterminée. Selon M. Bouvier, ce jaune est le seul jaune clair qui soit bon; il est indispensable surtout aux peintres de fleurs et de paysages, et l'on en tire aussi un bon parti pour les autres genres de peinture; mais il ne faut jamais s'en servir pour le mélanger dans les parties éclairées des chairs; l'ocre jaune vaut infiniment mieux; d'ailleurs, outre que le jaune de Naples verdit un peu, il attaque plusieurs autres couleurs, par l'effet de l'arsenic qu'il renferme, il dénature surtout le blanc et les cinabres. Il faut le broyer avec beaucoup de propreté et surtout jamais ne le relever ni le triturer avec une spatule de fer, d'acier, ou de tout autre métal, ce qui le ferait verdir sur-le-champ.

Parmi les couleurs jaunes on compte les ocres jaunes, oxydes de fer naturels, terres naturelles, friables, colorées en jaune plus ou moins foncé, qui tirent sur l'orangé. Les ocres ne doivent pas être obscures, parce qu'alors elles contiennent des terres bitumineuses qui les feraient noircir. Ce sont des argiles colorées par de l'oxyde de fer, et que l'on purifie au moyen de lavages réitérés, comme nous l'avons dit plus haut.

Le broiement des résidus sableux donne toujours ou presque toujours deux espèces de jaune; on les sépare si l'on peut. On peut encore obtenir des ocres artificielles connues sous le nom de jaune de mars, orangé mars, rouge mars, violet mars, soit en faisant rouiller du fer, soit en précipitant par des alcalis une dissolution de ce métal, par exemple; par le sous-carbonate de soude ou de potasse, par du muriate, du nitrate, de l'acétate de fer, etc...; mais, comme le dit fort bien M. Mérimée, la nature nous offre des ocres si belles, qui n'exigent qu'un lavage à exécuter, que ce n'est guère la peine d'en faire d'artificielles.

Le jaune de chrome, d'un jaune éclatant et doré, qui couvre bien, s'emploie facilement et sans danger pour la miniature et la gouache. Il ne change pas sensiblement quand il est bien délayé dans l'eau gommée, mais c'est une couleur qui ne peut servir dans la peinture à l'huile, car elle change alors, et fait changer toutes celles qu'on lui associe. Cependant, M. Bouvier dit que l'on peut s'en servir pour les rehauts de certaines étoffes jaunes et les brillants des dorures, pourvu qu'on l'emploie pur et à sec, c'est-à-dire sur un dessous tout à fait sec, en touchant son ouvrage franchement; il change alors beaucoup moins.

On peut aussi l'employer avec succès dans l'impression des images en couleurs, pour obtenir des oranges et des verts brillants, par des teintes superposées, ou mélangées avec le vermillon, le bleu de Prusse ou d'outre-mer.

D'après M. Dumas, le jaune de chrome est une couleur belle, solide, douée de toutes les qualités que le peintre peut désirer, et ce savant chimiste a raison, si on a la précaution de broyer préalablement le jaune de chrome avec un vernis résineux fixe ou avec une dissolution de cire vierge (1).

JAUNE DE NAPLES. — Belle couleur, très-solide, employée non-seulement dans la peinture à l'huile, mais encore dans la peinture sur porcelaine et sur émail. Sa préparation a été longtemps tenue secrète, et, encore actuellement, peu des recettes publiées donnent de bons résultats.

L'une des meilleures, dit-on, consiste à mélanger intimement trois parties d'antimoine métallique avec deux parties de minium et une partie d'oxyde de zinc, à fondre le tout ensemble, puis à réduire la masse fondue en poudre très-fine.

JENNER. *Voy.* Vaccine.

JENNY-MULL-JENNY. *Voy.* Coton.

(1) Cet article est emprunté à M. Rouget de Lisle, *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

K

KALÉIDOSCOPE.— Petit instrument d'optique inventé en 1817, par M. Brewster, et qui, pendant quelque temps a fait fureur à Paris, comme tous les objets de mode, surtout lorsqu'ils nous viennent de chez nos voisins d'outre-mer. Il est formé d'un tube

de carton, de fer-blanc ou de cuivre, garni à ses extrémités de deux verres : un petit, formant oculaire, et un large, dépoli, derrière lequel on place de petits objets différents. Dans son intérieur on place plusieurs lames de verre à miroir, ayant différentes inclinaisons, et doublées de papier noir. En remuant cette espèce de lunette, les petits objets placés à l'une des extrémités changent de position, sont reflétés par les lames de verre, et produisent différentes formes et de très-brillantes couleurs, selon la nature et la position des objets qu'on met à l'extrémité du tube opposé à l'œil. On n'a pas tiré parti de cet instrument, quoique dans beaucoup d'occasions il puisse être utile au dessinateur, aux architectes et surtout aux brodeurs, à ceux qui, dans les manufactures, sont obligés de varier à l'infini la composition de leurs dessins. Quelque riche que soit leur imagination, elle ne peut jamais varier les formes et les couleurs autant que peut le faire un kaléidoscope. Il suffit, pour s'en servir commodément, de le placer sur un petit pied, de le fixer avec une vis lorsqu'on a sous les yeux le dessin qu'on veut copier. A travers la lunette on voit parfaitement les contours et les couleurs, et l'on peut trouver ainsi des milliers de combinaisons pour les indiennes, les papiers de tenture, les dessins de broderie, le décor des appartements, etc. (*Voir* le *Dict. des Arts et Manufactures*.

KAOLIN. *Voy*. FELDSPATH, PORCELAINE.

KERMES. — On a donné le nom de *kermès*, qui vient peut-être de l'arabe, à deux productions fort différentes, l'une animale, l'autre minérale. La seule analogie qui existe entre elles est leur couleur rouge, et le nom qu'elles portent rappelle cette couleur (cramoisie). Nous ne nous occuperons que de la première de ces deux substances.

Le *kermès animal* des pharmacies, nommé aussi *graine d'écarlate* ou *vermillon*, est connu des naturalistes sous le nom du *cochenille* du *kermès*. C'est en effet le corps de la femelle d'une cochenille fécondée et pleine d'œufs, le *coccus ilicis* de Linnée, insecte hémiptère qui vit sur les feuilles du *quercus coccifera*, arbre commun dans les régions méridionales de l'Europe. Le mâle est fort petit : il a deux ailes, tandis que la femelle, dont le corps est plus gros, en est dépourvue. Celle-ci, au commencement du printemps, est d'un rouge vif; elle a la forme d'un bateau renversé, et vit entourée d'une sorte de coton qui lui sert de nid. Quand elle a été fécondée, elle grossit considérablement, devient sphérique, meurt vers la fin du printemps suivant, et paraît transformée en une sorte d'ovaire, renfermant une quantité considérable de petits œufs entourés d'une pulpe rougeâtre : c'est alors qu'on la récolte.

Le kermès animal, tel qu'on nous le présente dans le commerce, a la forme d'une baie arrondie, lisse, luisante et d'un très-beau rouge. L'enveloppe qui constitue ce *coccus* est brisée vers le point qui adhérait à la feuille de l'arbre sur lequel il vit. A l'état de complète dessiccation, il est fragile, mince et si léger, qu'il en faut environ 56,000 pour peser un kilogramme. Il a une odeur légèrement aromatique, une saveur amère, légèrement acidulée ; il colore la salive en rouge de sang. L'analyse chimique l'a montré composé d'une matière colorante analogue à la carmine (*Voy*. CARMIN), de divers sels et de coccine, matière animale particulière, qui demande à être mieux étudiée.

On tire le kermès animal du midi de la France, et c'est le plus estimé. Il n'est pas rare en Murcie, et nous l'avons observé abondamment sur les pentes méridionales de la Sierra-Morena. La récolte de ces insectes a lieu deux fois par an; ce sont des femmes qui, pour l'ordinaire, les arrachent avec leurs ongles. Après en avoir enlevé la pulpe intérieure, qui est rouge, on les lave dans du vin, puis ils sont séchés au soleil et renfermés dans des sacs avec une certaine quantité de la pulpe, qui a séché à part. La récolte varie en quantité et en qualité, suivant que le temps a été plus ou moins favorable. Si le printemps a été doux, les produits sont abondants et estimés.

Le rôle médical du kermès animal est aujourd'hui à peu près nul. Montpellier nous expédiait autrefois un sirop qui est tombé dans un juste oubli. La confection alkermès, tant prônée, n'a pas eu un meilleur sort. Depuis la découverte de la cochenille des cactus, la cochenille-kermès n'est que bien rarement employée en teinture ; on dit pourtant qu'elle sert dans le Levant à la teinture des soies.

Le kermès animal était connu des anciens. Dioscoride (IV, 48) et Théophraste (III, 16) lui donnent le nom de *κόκκος βαφική*; Pline (XXVI, 8) celui de *coccum* et de *granum infectorium* (1).

(1) Cet article est emprunté à l'*Encyclopédie des gens du monde*.

L

LAINE. — La laine est un amas de poils blancs ou bruns plus ou moins foncés, provenant de la dépouille du mouton. — La chimie ne nous apprend encore que fort peu de choses sur le brin de la laine, et sur la nature, la formation et le développement de ce corps. Les laines employées dans l'industrie sont divisées en trois grandes classes, savoir : les laines *communes*, les laines *mérinos* et les laines *métis*. La première et la dernière de ces catégories offrent d'innombrables variétés, qu'une longue pratique peut seule apprendre à apprécier. Nous ne nous étendrons pas davantage sur l'examen de la laine con-

sidérée comme produit brut ; c'est une question qui rentre dans la spécialité des produits agricoles. Nous ne voulons nous occuper ici de la laine qu'en ce qui concerne son emploi pour l'industrie. Nous avons déjà parlé de quelques-uns de ces emplois et de quelques-unes des préparations qu'elle subit à l'article **Drap** (*Voy. ce mot*) ; au risque d'être exposé à nous répéter, nous citerons ici dans son entier un article que nous pourrions nommer un Traité presque complet des laines, de M. Alcan, professeur à l'école centrale des Arts et Manufactures.

Des laines, de leurs caractères, et de leur emploi. — La laine est une des matières textiles qui présentent au plus haut degré les propriétés les plus recherchées dans la confection des tissus. Sa finesse, sa douceur, sa résistance si puissamment développée par sa propriété feutrante, son affinité pour les couleurs, sa faible conductibilité de la chaleur et ses propriétés évaporatoires et hygrométriques concourent à donner aux étoffes qu'elle produit la légèreté, la souplesse, la richesse des nuances et les qualités hygiéniques si nécessaires aux vêtements, tentures et tapis.

Ces caractères, qui sont plus ou moins développés suivant les nombreuses variétés de laines qu'on rencontre, ont permis à l'industrie de modifier les propriétés des tissus qu'elle sert à fabriquer, de manière à les rendre d'un usage convenable à tous les climats, en utilisant une matière première que presque tous fournissent, et qui a dû, dès les temps les plus reculés, offrir aux peuples pasteurs les ressources qu'en retire l'agriculture moderne. On peut donc considérer l'industrie des laines comme une des plus anciennes et des plus universelles.

La recherche de son origine nous conduirait nécessairement à répéter ce que la plupart des auteurs qui ont écrit sur la matière ont déjà dit, et à prouver que les livres les plus anciens qui nous soient parvenus mentionnent les tissus de laines.

Nous nous bornerons à citer les lois du Manou, qu'on considère à tort comme antérieures à la Bible, mais qui sont de la plus haute antiquité, et dans lesquelles il est question d'étoffes de laine et de drap en poil de chèvre. Mais rien ne nous apprend si ces étoffes de laine étaient feutrées ou foulées. Tout fait présumer le contraire : le foulage diminuant la souplesse des tissus en augmentant les propriétés conservatrices de la chaleur, a, par cette raison, dû être évité par la plupart des peuples de l'Orient.

Mais, quoique l'application de la propriété feutrante de la laine, qui lui donne un caractère si tranché parmi les matières textiles, paraisse plus récente et être due aux peuples du Nord, on n'est pas plus fixé sur le temps, les lieux et les circonstances qui lui ont donné naissance, qu'on ne l'est sur l'origine de la plupart des industries en général. Pline parle cependant du foulage et le fait remonter à la plus haute antiquité.

Ce qu'il y a de remarquable et qui doit d'ailleurs être encore une preuve de l'ancienneté de la fabrication des étoffes de laine drapées, c'est que les premières traces que nous pouvons découvrir des procédés employés, nous montrent que l'on se servait alors de tous ceux pratiqués encore aujourd'hui.

Les statuts, les ordonnances, lettres patentes, sur la draperie et la foulonnerie, remontent au XII[e] siècle; de précieux vitraux de couleur que les églises d'Elbeuf doivent aux premières corporations des draperies, des échantillons d'étoffes de la même époque que nous avons pu examiner nous ont confirmé ce fait, et prouvent que non-seulement tous nos procédés d'aujourd'hui étaient en usage, mais qu'on les appliquait déjà avec beaucoup d'habileté. Le progrès moderne se borne donc exclusivement à l'amélioration et au perfectionnement des machines, qui ont contribué à fabriquer plus vite, plus régulièrement et plus facilement. Mais cette amélioration, due à l'introduction des machines, qui remonte à peine à un demi-siècle, paraît déjà être arrivée à sa limite, si nous en jugeons par les nombreuses et vaines tentatives faites journellement dans la même direction, sans pouvoir sortir des errements connus. Aussi pensons-nous que la loi du progrès doit désormais recevoir son accomplissement par une autre voie.

Les principaux centres qui emploient les laines en France sont, par ordre de quantités :

Reims et ses environs pour les laines peignées;

Elbeuf, où se fabriquent toutes les espèces de draperies, depuis les plus communes jusqu'aux plus fines;

Sédan et son arrondissement pour la draperie et les nouveautés. Cette localité est encore le principal point pour les beaux draps noirs; c'est elle qui a donné naissance aux plus beaux articles de nouveautés en laine cardée.

Louviers, qui s'est livré plus spécialement aux qualités fines et à la filature des laines d'Elbeuf.

Dans le midi, Carcassonne, Lorbanet, Mazamet, Castres, Lodève, Bédarieux, Saint-Pont, Saint-Chignan, Sainte-Colombe, Clermont-Lodève, etc.

Ces dernières localités produisent de la draperie commune, des draps de troupe, et pour l'exportation des Echelles-du-Levant.

Dans le centre, Châteauroux fait les mêmes articles; une seule maison importante fait des draps plus chers pour la fourniture des officiers. Limoges produit une quantité assez considérable d'étoffes généralement rayées, à très-bas prix, non foulées, tirées à poil et tissées avec chaînes en fil de coton retors et trames en laine.

Aubusson fabrique presque exclusivement les tapis produits avec les laines les plus communes, doublées et tordues après le filage. Il en est de même de Beauvais.

Il existe encore d'autres points moins importants. Vienne, Mouge, Nancy, Metz et

Orléans, pour la draperie commune et la couverture; Paris et quelques localités du nord pour les laines peignées et les couvertures.

Quoiqu'il y ait peu de différence dans le mode de travailler la même spécialité dans les différentes localités françaises et étrangères, il existe cependant quelques modifications pour certaines opérations principales, que nous aurons soin d'expliquer lorsque nous nous occuperons de chacune d'elles. Pour mieux faire comprendre les opérations successives auxquelles on soumet les laines dans les deux grandes spécialités qui constituent leur travail, nous croyons devoir procéder par la nomenclature de ces opérations et le but qu'elles se proposent, en les réunissant suivant l'ordre de leur exécution dans chaque spécialité, et en commençant par la description de l'industrie la plus simple, celle des laines peignées.

TRAVAIL DES LAINES PEIGNÉES. — Ce travail comprend les opérations :

1° Du *désuintage*, du dégraissage, qui ont pour but de débarrasser la matière aussi complétement que possible de son suin, et des corps étrangers que ses filaments pouraient retenir.

2° Du *battage* pour les séparer des corps durs, de la poussière, et pour rendre l'élasticité aux fibres.

3° Du *peignage*, qui a lieu soit à la main, soit mécaniquement, afin de redresser et de ranger toutes les fibres entre elles aussi parallèlement que possible, et de faciliter leur glissement.

4° Du *défeutrage*, qui, tout en continuant l'effet du peignage, transforme les mèches en rubans continus.

5° Du *laminage et doublage*, pour égaliser, étirer, et consolider le ruban de manière à l'amener à la finesse et à la longueur voulues. Cette opération est répétée un certain nombre de fois, proportionnellement à la finesse que l'on veut atteindre.

6° Du *tortillonnage*, pratique pour arriver à étendre les filaments à leur maximum sans les énerver, afin de détruire complétement les tendances funestes que la laine aurait pu conserver après le tortillonnage. La même série d'opérations (excepté les deux premières) est renouvelée sur la laine tortillonnée.

7° Du *filage en gros*, ou préparation aux bobinoirs, dans le but de raffermir le ruban, de lui donner plus de cohésion et de l'arrondir.

8° Du *filage en fin de la Mull-Jenny*.

9° Du *dévidage*, pour transformer les bobines en écheveaux, livrer ensuite au tisseur ou au teinturier, suivant que l'étoffe doit être teinte en pièce ou en fil.

10° Les *apprêts après le tissage* se bornent à des blanchissages au soufre, des grillages, pour enlever le duvet, à des tondages dans le même but, et quelquefois à un lustrage par le passage entre des cylindres chauffés, et enfin au pressage et au pliage.

Les opérations dans la draperie sont plus nombreuses encore; elles consistent dans :

1° Le *désuintage* et le *lavage*.

2° La *teinture*, lorsqu'elle est destinée à faire des draps fins bon teint, qui doivent par conséquent être teints en laine, afin que la matière colorante pénètre bien tous les filaments.

3° Le *battage* et le *louvetage* de la laine, pour la débarrasser de tous les corps étrangers et lui rendre toute son élasticité.

4° Le *graissage* entre les deux louvetages de la laine, pour adoucir les aspérités que présentent les filaments et faciliter les opérations ultérieures.

5° Le *cardage*, pour dénouer, redresser et mélanger les filaments dans tous les sens, afin de faciliter leur réunion par l'accrochage auquel leur constitution les prédispose.

Cette opération est généralement répétée deux fois, pour que l'exécution en soit plus parfaite.

6° Le *filage en fin* ou *Mull-Jenny*.

7° Le *dévidage*, pour chaîne ou pour trame.

8° L'*ourdissage*, dans le but de disposer les fils de la chaîne aussi parallèlement que possible, et suivant le tissu que l'on a en vue de produire.

9° L'*encollage*, pour consolider ses fils et pour éviter leur rupture au tissage.

10° Le *tissage*, ou transformation des fils en étoffes.

11° Le *dégraissage*, pour faire disparaître la matière grasse que l'on a mise aux premières opérations.

12° L'*épinçage* ou *épinetage*, dans le but d'enlever toutes les matières étrangères qui pourraient se trouver mélangées au tissu.

13° Le *foulage*, pour resserrer les fils entre eux dans tous les sens, afin de transformer la toile de laine en draps et lui donner les propriétés tranchées qui le distinguent des autres tissus.

14° Le *lainage*, qui s'exécute pour faire reparaître et égaliser à la surface du tissu les filaments de la laine qui auraient été froissés par l'action du foulage.

15° Le *tondage*, pour couper ces filaments aussi courts que possible, sans cependant découvrir la liaison des fils, qui constitue la charpente de l'étoffe.

Ces opérations du lainage et du tondage sont réitérées alternativement un très-grand nombre de fois, suivant la qualité du drap.

16° Le *séchage à la rame*, qui se fait en étendant et faisant sécher la pièce avec les dimensions qu'elle doit conserver.

17° Le *passage à la vapeur*, dans le but de produire le brillant de l'étoffe.

18° Le *décatissage*, pour que l'apprêt de la vapeur soit solide et empêcher l'eau de tacher.

19° Le *pressage à chaud* entre des cartons lisses, pour redonner du brillant.

20° Le *pressage à froid*, afin de donner les derniers apprêts.

21° Enfin, l'*entoilage* et la *mise en balles*.

Pour compléter tout le travail des laines, nous ferons suivre leur fabrication ordinaire par une description succincte de l'industrie des draps feutrés.

Nous allons décrire successivement toutes ces opérations, en renvoyant, pour celles du désuintage, de la teinture et du tissage, aux articles BLANCHIMENT, TEINTURE et TISSAGE.

Du peignage. — Le peignage de la laine a quelque ressemblance avec celui du lin; le but est le même : si les moyens sont modifiés, c'est à la différence des caractères de ces matières que ces modifications sont dues; mais, pour l'une et l'autre substance, il s'agit de redresser les filaments, de les ranger aussi parallèlement que possible, en les débarrassant de corps étrangers, et de remplir, par conséquent, les fonctions analogues à celles de nos peignes par rapport aux chevelures. Seulement, dans la laine, les filaments sont distincts, tandis que, dans le lin, ils sont encore agglutinés; et il faut les séparer les uns des autres et les rendre flexibles, car ils sont loin d'avoir l'élasticité et l'onctuosité des fibres de la laine, qui sont telles, qu'elles se condensent et se collent entre elles, de façon que le peigne ne pourrait pénétrer dans la masse, si, au lieu de l'employer à froid et à sec, comme cela a lieu pour le peignage des matières végétales, on ne chauffait préalablement les aiguilles du peigne à un certain degré pour ramollir la matière cornée, et si on n'employait la laine qu'après l'avoir graissée et conservée légèrement humide, afin de lui donner une flexibilité suffisante pour la mettre à l'abri des ruptures que les dents pourraient occasionner sans cela.

Le peignage de la laine, comme celui du lin, se fait encore tantôt à la main, tantôt mécaniquement.

Peignage de la laine à la main. Trois ustensiles sont nécessaires à cette opération : 1° une paire de peignes par ouvrier; 2° un poteau auquel on peut fixer l'un des peignes; 3° un petit poêle ou réchaud pour chauffer les dents du peigne. Chaque peigne est composé de deux ou trois rangs de dents d'acier coniques et pointues, disposées sur deux ou trois plans parallèles, chaque rang étant un peu plus long que le précédent; elles sont fixées à une tête de bois qui est recouverte de corne, et munies d'un manche placé à angles droits avec les lignes des dents. Les espaces entre les deux ou trois plans de dents sont d'environ 6 millimètres à leur partie inférieure, et d'un peu plus à leur sommet; on commence d'abord par peigner lorsque les fibres sont avec le peigne à deux rangs, puis on finit avec celui à trois rangs. Un poteau est planté dans l'atelier pour y mettre de temps en temps les peignes pendant l'opération. A ce poteau est fixée une tige de fer horizontale relevée à son extrémité, de manière à être introduite dans le trou du manche du peigne, et à son point d'insertion dans le poteau il y a une autre pointe pénétrant dans le creux du manche, qui, entre ces deux crochets, est fortement maintenu au poteau. Le poêle consiste ordinairement en une plaque de fer chauffée par le feu ou par la vapeur, et surmontée d'une plaque semblable, placée à un intervalle suffisant pour permettre d'introduire les dents entre ces plaques par un côté qui reste ouvert, tandis que l'espace contenu entre leurs bords sur les autres côtés est fermé pour retenir la chaleur.

Lorsque l'ouvrier peigne la laine, il la prend par mèches d'environ 12 grammes chacune, l'arrose d'huile, ou la graisse avec du beurre, et la roule dans ses mains afin de rendre tous les filaments également onctueux. Quelques laines dures et sèches demandent un sixième de leurs poids d'huile, et d'autres n'en demandent qu'un quarantième. Il attache ensuite au poteau un peigne chauffé avec ses dents tournées en haut, saisit une moitié de la mèche de laine dans ses mains, la jette sur les dents en la faisant passer à travers, et cela à plusieurs reprises, laissant à chaque fois quelque filaments droits sur le peigne. Quand le peigne a ainsi recueilli toute la laine, il est introduit dans le poêle avec ses pointes chargées de la laine pendant en dehors et exposée à l'influence de la chaleur; l'autre peigne, qui vient d'être retiré chaud du poêle, est placé sur le poteau et garni de 8 à 10 grammes de laine, qui reste; après quoi il remplace celui qui est dans le poêle : ayant alors les deux peignes chauffés, il en tient un de la main gauche sur son genou, étant assis sur un tabouret peu élevé, et saisissant l'autre de la main droite, il peigne la laine sur le premier, introduisant les dents de l'un des peignes dans la laine fixée dans l'autre, et les tirant en travers.

Cette manipulation se répète jusqu'à ce que les fibres soient parallèles comme une mèche plate de cheveux; il est convenable de commencer par peigner le bout de la mèche et d'avancer progressivement d'une extrémité à l'autre jusqu'à ce que les dents s'engagent ensemble, autant que possible, sans qu'il y ait froissement; si l'ouvrier agissait autrement, il risquerait de briser les filaments, ou arracherait tout à fait leurs bouts de l'un des peignes. Les flocons qui restent à la fin de l'opération, parce qu'ils sont trop courts pour pouvoir être saisis par la main du peigneur, se nomment *blouses*, tandis que la laine peignée longue se nomme *cœur*.

Les blouses ne peuvent être filées comme laines rases à une grande finesse ; elles sont réservées pour la fabrication du gros drap.

Quand la laine est finalement tirée du peigne, on la laisse refroidir, on la dispose ensuite en paquets de dix ou douze poignées.

Beaucoup de tentatives ont été faites pour

exécuter le peignage de la laine mécaniquement; mais, jusqu'à présent, une seule machine a eu en France quelque succès. Cette peigneuse, qui fut inventée par J. Collier en 1827, continuant à se propager et à donner de bons résultats, mérite une description, tant pour les services que sa propagation paraît être appelée à rendre encore, que sous le rapport de l'intérêt que présente sa conception mécanique, dont le principe paraît avoir été conçu par M. Godart, d'Amiens, qui prit un brevet d'invention en 1825, pour une machine analogue, dont il céda la propriété à M. Collier. Les peignes se composent chacun d'un grand cercle creux en fonte assemblé avec six cercles également creux, et réunis à un moyen commun. Chaque peigne circulaire porte une double rangée de dents ou broches en acier de forme conique, très-aiguës et implantées dans la jante; la rangée intérieure est moins longue que l'autre, et correspond aux vides de celles-ci. Ces dents ou aiguilles doivent avoir une inclinaison telle que, lorsque les deux peignes sont rapprochés l'un près de l'autre, les dents en contact sont horizontales; de chaque côté des roues se trouvent une paire de cylindres lamineurs et étireurs, qui reçoivent la laine qui a été peignée, pour la transformer en un ruban continu qui se rend dans le cylindre qui lui sert de récipient. Les deux roues peigneuses sont disposées de manière à pouvoir s'écarter et se rapprocher à volonté, afin de travailler progressivement toutes les parties engagées dans les dents, au moyen d'une combinaison de leviers.

Les peignes circulaires reçoivent par conséquent deux mouvements : un mouvement de rotation autour de leur axe, par une poulie qui reçoit elle-même son mouvement d'une poulie motrice, et un mouvement de rotation en avant ou en arrière, de manière à s'approcher ou s'écarter à volonté; mais l'axe des roues peigneuses étant incliné, et devant être commandé par une courroie qui doit constamment rester dans un plan vertical, on conçoit qu'il faut une disposition spéciale pour que la poulie de commande reste toujours dans le même plan. Il faut donc qu'elle ne fasse pas corps avec l'arbre, ce qui a lieu au moyen d'un assemblage à rotule, dont on peut voir la description détaillée dans l'intéressante publication industrielle de M. Armengaud aîné, qui donne, avec le plus grand soin, toutes les parties de cette intéressante machine à peigner, avec les modifications qui y ont été apportées par MM. Risler et Scharty, de Mulhouse, dans l'établissement desquels nous les avons vues fonctionner, et avec le plus grand succès.

Pour opérer le peignage, on rapproche les roues l'une de l'autre, après avoir garni leurs dents chauffées de laine, et après avoir engrené la poulie motrice; le rapprochement entre les deux roues a lieu au moyen d'un volant qui agit sur le système de leviers disposés à cet effet. Ce mouvement est réglé de manière à se ralentir à mesure que l'opération touche à sa fin; ce qui arrive après un tour de roue déterminé pratiquement. Les roues se sont alors enlevé réciproquement leur laine, en la faisant passer dans leur double rangée de dents, ce qui a produit le peignage. Ce travail terminé, on écarte les roues, et on rapproche les chariots qui portent les cylindres lamineurs, et un pignon qui leur communique le mouvement et qui engrène, avec une roue disposée à cet effet, sur les roues peigneuses, qui reçoivent alors un nouveau mouvement qui sert à faire passer la laine de leurs peignes entre les cylindres étireurs, après que l'on a commencé à y engager un point quelconque à la main.

On reprochait autrefois à cette machine de faire plus de blouses que le peigne à la main. MM. Risler et Scharty nous ont assuré du contraire, depuis qu'ils y ont apporté d'ingénieuses modifications.

On a cherché à construire en Angleterre une machine à peigner, pouvant servir au travail de la laine et du lin: cette machine est celle pour laquelle M. James Noble, filateur à Kœlifon s'est fait bréveter en 1834.

Défeutrage. — La laine étant préparée au peigne, comme nous venons de l'indiquer, il faut continuer ses transformations jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à l'état de fil cylindrique, d'une ténuité extrême et définie à l'avance, d'une longueur qui n'est limitée que par l'appareil sur lequel il est destiné à être enroulé, et d'une homogénéité parfaite, présentant par conséquent la même ténacité sur tous les points de sa longueur.

Les matières textiles ne peuvent atteindre ce but que par des préparations successives, convenablement ménagées, de manière à n'agir que graduellement sur le ruban, qui ne peut être converti en fil parfait qu'après avoir passé par un certain nombre de grosseurs déterminées, allant en diminuant depuis le ruban élémentaire, produit après le peignage de la laine ou le cardage du coton, jusqu'au fil enfin obtenu, en général, par le métier dit Mull-Jenny. Cette seconde préparation s'exécute au moyen de deux paires de cylindres métalliques animés d'une vitesse différente, et entre lesquels on fait passer le ruban, qui s'y trouve comprimé par une pression qui agit sur les axes des cylindres supérieurs.

Le ruban engagé entre ces cylindres est obligé de se mouvoir avec leur vitesse, et par conséquent de s'allonger, si la paire de cylindres par laquelle le ruban se dégage marche plus vite que celle par laquelle il entre; et en répétant successivement ce travail, le ruban s'étire indéfiniment, si on a soin à chaque fois d'en ajouter de nouveau, afin de le consolider et d'empêcher la rupture.

Quoique les étirages de la laine peignée tendent au même but que celui du coton, les machines employées doivent recevoir une modification basée sur les différences des caractères naturels de ces matières premières.

La laine quoique choisie pour le peigne, présentant toujours une certaine résistance à se développer complétement, à cause de la tendance qu'ont les fibres de se contourner, il est important que celles-ci se présentent aussi droites que possible à l'action des cylindres qui doivent les condenser dans cet état et les allonger encore ; et, comme ces filaments ont une longueur sensiblement plus grande que celle du coton, ils pourraient se recourber et se présenter irrégulièrement aux cylindres étireurs, s'ils n'étaient rangés convenablement, maintenus dans cette disposition et présentés parallèlement à l'action des cylindres étireurs.

Ce résultat s'obtient en disposant des peignes métalliques entre les deux paires de cylindres. Ces peignes, dont la forme peut être variable suivant la disposition des bancs à étirer, sont aujourd'hui généralement armés d'aiguilles ou de petites broches aiguës, inclinées, dont la finesse et le nombre de dents va en augmentant à mesure que l'opération arrive à sa fin, pendant que le diamètre du cylindre du peigne va, au contraire, en diminuant. On voit, en un mot, que la grosseur des peignes est en raison inverse de la grosseur et de la finesse des dents, qui sont elles-mêmes inversement parallèles aux diamètres des rubans.

L'espacement des deux paires de cylindres, leur pression et grosseur doivent être déterminées par des considérations analogues à celles qui déterminent pour le travail du coton ; car, ainsi que nous venons de le dire, sauf l'emploi de cylindres garnis d'aiguilles, l'appareil est semblable à celui employé dans le même but pour celui du coton.

La première machine dans laquelle le ruban passe après le peignage se nomme *défeutreur*, pour indiquer son but, qui consiste à détruire les propriétés feutrantes de la laine, comme nous venons de l'annoncer. A la sortie du défeutreur, le travail se continue par le passage suscessif de la matière dans un nombre plus ou moins grand de machines à étirer, et qui ne diffèrent entre elles que par la diminution du diamètre des peignes, l'augmentation du nombre de leurs dents et celui de leur finesse.

Les établissements les mieux montés se servent ordinairement de cinq machines à étirer, garnies de six paires de cylindres chacune. La dernière ne servant qu'à guider le ruban à sa sortie, et à continuer son laminage, peut avoir la même vitesse que la seconde paire, de manière à ce que les quatre premiers rubans se forment en un à la sortie de la première machine du défeutreur. La seconde reçoit quatre rubans composés de quatre chacun, de sorte que le ruban unique qui en sort se trouve composé de $4 + 4 = 16$, et ainsi de suite, jusqu'à la dernière ; on double des quantités considérables de fois comme pour le coton, et il n'est pas rare d'arriver à produire un fil d'une ténuité telle, qu'un kilog. de matière produit une longueur de 100,000 mètres, qui est composé lui-même d'un million de rubans primitifs, formés à leur tour par la réunion d'une quantité innombrable de filaments de chacun.

Tortillonnage. — Quand la laine est arrivée à cette période de son travail, on lui fait subir une opération très-simple et peu importante en apparence, et qui a cependant la plus grande influence sur son fil : cette opération consiste à faire des espèces d'écheveaux de ruban et à soumettre leur masse à un allongement, ou plutôt à un redressement forcé. On y parvient par plusieurs moyens ; voici le plus généralement usité :

On attache à un objet le ruban en question par une de ses extrémités, l'autre est tenue à la main ou à un crochet semblable, fixé sur une pièce de bois qui a la faculté d'être arrêtée ou de glisser dans une rainure. Le ruban ainsi fixé, on met la machine en mouvement au moyen d'une courroie que l'on fait passer sur une poulie qui commande la roue et le pignon portant le crochet. Ce crochet tourne alors avec une très-grande rapidité et tord la masse de rubans en la redressant. On détache ensuite l'extrémité opposée, après avoir fait avancer le ruban de la moitié de sa course, et on replie l'écheveau sur lui-même pendant que le crochet tourne toujours ; on forme une espèce de bâton solide, contourné et extrêmement dur ; on expose ensuite pendant quelques jours la laine à une vapeur humide ; puis on la reprend, on ouvre les tortillons, et on la fait passer une seconde fois par la série des opérations qu'on lui a fait subir avant qu'elle soit à cet état. Si l'on examine la laine avant ou après cette opération, il ne sera pas difficile de reconnaître une différence totale dans l'allongement des filaments, qui est tel après ce redressement énergique procuré par la machine, maintenu et augmenté par la pénétration de la vapeur, qu'il serait difficile de reconnaître les mêmes filaments qu'on aurait observés avant ce traitement.

Cette application a fait faire un très-grand pas à l'industrie de la laine peignée, dont le fil présente maintenant tous les caractères des fils lisses, en conservant les propriétés physiques de la laine.

On voit que ce moyen du tortillonnage employé pour développer et étendre complétement les filaments de la laine, est basé sur leur force élastique, qui tend à les redresser avec une force proportionnelle à celle employée à les tordre lorsque cette force cesse d'agir. L'élévation de la température de la masse produite par la vapeur vient aider encore ce redressement. Le tortillonnage de la laine peignée a de l'analogie avec la torsion que l'on fait subir au crin qui doit former la garniture des meubles. Dans les deux cas, on ne tord la matière que momentanément, pour fournir plus de ressort au redressement que la force élastique opère lorsque la force de la torsion cesse d'agir.

On emploie dans le même but, en Angleterre, une machine combinée avec les cylindres étireurs. La roue à frottement, le rou-

leau à tirer de devant, sont placés dans le cadre à tirer de la manière ordinaire; la plus grande roue formant le rouleau inférieur de la paire de rouleaux à tirer de devant, la paire de rouleaux à tirer de derrière, sont mus par un engrenage uni au rouleau de devant, comme dans la construction ordinaire des machines à tirer, les rouleaux de devant étant mus avec une vitesse beaucoup plus grande que ceux de derrière, et par conséquent tirant ou étendant les fibres de la laine à mesure qu'elle passe entre eux; de plus un rouleau conducteur porte sur la circonférence de la grande roue.

Depuis quelque temps on cherche en France à supprimer l'opération du tortillonnage, afin d'abréger le travail et de n'avoir pas à laisser la laine aussi longtemps en repos, et d'économiser, par conséquent, la perte de temps. On espère y arriver par le chauffage lors de l'opération du défeutrage, en la faisant passer sur des tuyaux chauffés à la vapeur et disposés dans la machine. La pratique n'a pas encore pu assez expérimenter pour être complétement fixée sur la valeur de cette modification; mais on pense généralement que ce chauffage combiné avec le tortillonnage produira un excellent effet, et abrégera sensiblement le temps pendant lequel on expose les tortillons à la vapeur.

Lorsque la laine a été doublée, étirée et tortillonnée, en passant par toutes les machines composant l'assortiment, le ruban s'est tellement aminci, qu'on ne pourrait le travailler sans le rompre si l'on n'augmentait sa cohésion, ce qu'on obtient tantôt par une légère torsion imprimée au ruban, comme cela se pratique au moyen de bancs à broches, employés pour le coton, tantôt en soumettant le ruban en même temps à un frottement de roulement sur sa grosseur, et à un frottement de glissement sur sa longueur. Ce dernier moyen est exclusivement appliqué à la laine peignée, celui de la torsion étant généralement rejeté, dans la crainte que cette opération ne prédispose au feutrage, qu'on a tant d'intérêt à éviter.

Le *boudinoir* ou le *bobinoir*, destiné à recevoir les rubans est semblable aux machines analogues employées pour le coton, sauf quelquefois l'introduction entre les cylindres d'étirages du peigne ou hérisson. Les rubans se déroulant de trois bobines viennent se réunir sous les cylindres étireurs, entre lesquels on se dispense de placer un peigne, les fibres étant alors suffisamment condensées et redressées.

En sortant du cylindre, le ruban passe sur un petit tablier sans fin en cuir, sur lequel il est pressé par un petit cylindre; le tablier inférieur reçoit un va-et-vient dans toute sa longueur, et le cylindre un mouvement alternatif dans le sens de son axe. La combinaison de ces deux mouvements donne au ruban une cohésion dont nous avons déjà parlé, en commençant d'ailleurs à l'arrondir. En continuant sa marche, le fil va s'enrouler autour d'un rouleau qui reçoit également un mouvement alternatif dans le sens de son axe, afin que l'envidement se fasse régulièrement sur la longueur du cylindre-bobine. La laine ainsi préparée passe à la dernière opération du filage, nommée filage en fin, qui ne se fait qu'au métier *Mull-Jenny*, décrit en détail à l'article COTON, auquel on ne fait subir que de légères modifications, telles que les écartements entre les cylindres, qui, devant être proportionnels à la longueur des fibres de la matière première, seront plus grands, par conséquent, dans les *Mull-Jenny* pour la laine que pour ceux du coton; et l'étirage, qui, dans les autres industries textiles, à lieu tantôt en partie par les cylindres, et en partie par l'accélération de vitesse des chariots, se fait généralement, pour la laine peignée, par la différence de vitesse des cylindres seulement, le mouvement du chariot restant constant.

Le *dévidage*, qui se pratique après le filage, tout en disposant le fil sous une forme plus convenable pour sa mise en œuvres et en paquets, en transformant les bobines ou broches en écheveaux, sert à vérifier en même temps si le fil a été produit aux titres et aux numéros voulus, c'est-à-dire si le rapport de la longueur au poids a été observé.

L'unité, qui est employée pour terme de comparaison, basée sur le système métrique dans certaines industries, comme dans celle du coton, par exemple, où le numéro indique la longueur de 1,000 mètres à laquelle un kil. de fil a été filé; cette unité, malgré sa simplicité et sa régularité, n'a pu triompher des anciennes habitudes conservées dans les autres industries; pour la laine peignée qui nous occupe, le numéro indique combien il y a de longueur de 710 mètres, qui est un écheveau, par kilogramme; ainsi donc, du fil du n° 100, qui est un numéro assez ordinaire, veut dire que un kilogramme de ce fil doit avoir une longueur de 100 fois 710 mètres (longueur de l'écheveau), ou 71,000 mètres.

En Angleterre, l'unité de poids est la livre, et l'unité de longueur le yard; l'écheveau, pour la laine peignée, a une longueur de 560 yards. Le numéro indique le nombre d'écheveaux; ainsi le n° 24, par exemple, indiquerait que cinq livres de poids anglaises contiennent 24 écheveaux qui ont une longueur de 560 yards chacun, ce qui donnerait pour la livre 13,440 yards. Le dévidage français ou anglais se fait toujours d'après les mêmes principes.

La circonférence de la machine à dévider a un développement égal à celui de l'unité, et sur son axe se trouve un compteur communiquant à un timbre qu'une détente fait sonner après un nombre de révolutions déterminées qu'on nomme son.

La longueur de l'écheveau est mesurée par un nombre de sons également déterminé; si le fil a été produit au titre voulu, et si l'ouvrière n'a pas fait d'erreur, il faut que son dévidage corresponde parfaitement au

rapport entre le poids et la longueur qu'on lui avait désignés.

Fabrication des draps. — *Travail des laines courtes, dites laines à cardes.* — Le fil qu'il faut produire pour la fabrication de draperie a besoin de bien moins de préparations, comme on a déjà pu en juger par la nomenclature des opérations qu'on lui a fait subir.

Battage. — Le premier travail auquel on soumet la laine consiste dans un battage mécanique pour la débarrasser des corps durs et des impuretés qu'elle peut contenir, et aussi pour rendre en même temps aux filaments l'élasticité qu'ils ont pu perdre, soit par leur compression en balles, soit par leur immersion dans la matière tinctoriale.

Ce battage se répète quelquefois deux ou trois fois dans une machine cylindrique ou conique, armée de dents, auxquelles est livrée la matière au moyen d'une paire de cylindres délivreurs qui l'ont prise d'une toile sans fin, sur laquelle l'ouvrière a besoin d'étendre la laine en couches d'égale épaisseur.

Louvetage. — A la sortie de la machine à battre, ou batterie, la laine est passée au *loup*. Cette machine ne diffère de la première que par un plus grand nombre de dents, ou par une plus grande vitesse qu'on lui imprime.

Graissage. — Après avoir soumis la laine à un premier louvetage, il faut la lubrifier avec une forte portion d'huile qui varie du quart au cinquième du poids de la laine suivant sa finesse, sa nature et les localités. On employait généralement les bonnes huiles d'olives pour les draperies que l'on fait à Sédan, en Normandie et dans le Midi. Les huiles de graines étaient employées pour les étoffes les plus communes, mais il en faut alors une proportion plus forte, et le dégraissage est plus difficile encore que lorsqu'on a employé les huiles d'olives. On comprend que la matière grasse, qui n'a été introduite que pour neutraliser l'effet des aspérités, et pour faciliter le glissement des fibres au filage et à ses préparations, doit disparaître tantôt avant, tantôt après le tissage, suivant que la laine est déjà teinte, ou qu'on doit la teindre en fil ou en pièce; l'opération de la teinture et des aporêts serait impossible sans cela.

On avait cherché pendant longtemps à s'affranchir de cette opération, si coûteuse, du graissage, non-seulement à cause de la dépense, l'huile étant entièrement perdue, mais aussi à cause de la difficulté et de la perte de temps que présentait l'opération du dégraissage. Les huiles végétales, étant insolubles dans les alcalis, ne s'enlèvent que par une opération mécanique, longue, coûteuse, et pouvant détériorer le tissu. Ces huiles végétales ont de plus l'inconvénient de fermenter facilement, surtout en présence de la laine condensée et humide, comme cela n'a lieu que trop souvent dans les usines; d'où sont malheureusement résultés des incendies dus à une combustion spontanée.

C'est pour remédier à ces inconvénients que M. Péligot et nous, avons cherché à substituer l'acide oléique convenablement épuré à tous les anciens modes de graissage. Son onctuosité le rend très-propre à cet usage. Son caractère acide met la laine à l'abri de la fermentation et le rend soluble dans les alcalis; on obtient alors au dégraissage un savon liquide, qui peut être utilisé ultérieurement au foulage.

Nous ne mentionnerons succinctement ce procédé que pour n'oublier aucun progrès de la spécialité dont nous nous occupons, ce nouvel emploi étant aujourd'hui universellement répandu dans l'industrie des laines, quoique le progrès ait été lent, comme la propagation de toutes les nouvelles applications. Il n'est pas cependant une localité industrielle, tant en France qu'en grande partie à l'étranger, où les maisons les plus importantes n'en fassent usage.

Lorsque la laine à filer a été graissée par couches, et aussi régulièrement que possible, on lui fait subir ordinairement un second louvetage pour continuer l'effet du premier; on la porte ensuite aux cardes.

Cardage. — Il a le même but pour la laine que pour le coton; nous renverrons donc à la définition donnée par cet article. Les machines à carder la laine diffèrent cependant de celles pour le coton, pour la substitution de cylindres aux chapeaux décrits dans la carde à coton.

Le cardage de la laine, comme celui du coton, a besoin d'être répété pour être parfait. On fait ordinairement passer la laine successivement entre trois cardes qui portent des noms différents; la première, qui commence l'opération, porte le nom de carde briseuse; la seconde, de repasseuse, et la troisième se nomme la finisseuse ou carde à loquettes; les trois cardes ensemble constituent l'*assortissement*.

Elles ne diffèrent entre elles que par la forme des dents et leur rapprochement, qui augmente de la première à la troisième, à mesure que la matière est plus nettoyée et plus velue.

A la sortie des cardes briseuses et repasseuses, la laine se trouve détachée par un peigne à mouvements alternatifs et cylindriques, et enroulée sous forme de nappe autour d'un gros cylindre qu'on nomme tambour à peau de mouton; ces nappes sont portées ensuite aux carde suivantes pour être retravaillées. La cardes finisseuse, qui doit fournir la laine au filage, la dispose sous une forme différente.

Naguère encore la laine détachée par le peigne se rendait dans de petites cannelures concaves disposées sur la circonférence d'un cylindre. Elle prenait, par conséquent, la forme de ces cannelures, et était détachée sous forme de petits cylindres qui avaient la longueur de ces cannelures et une

longueur égale à celle du cylindre, et, par suite, de la carde. C'est à ces petits cylindres, qui tombaient dans une auge, qu'on donnait le nom de loquettes. Ces loquettes étaient ainsi portées à un métier à filer, où les enfants les attachaient les unes aux autres pour en former un ruban continu, auquel le métier, qui n'était autre que la jeannette inventée par Arkwrigt ou plutôt par Higs, venait ensuite donner un premier étirage. Nous allons décrire le mode d'opérer de cette machine.

Dans la monture en bois est renfermé un chariot mobile qui roule sur des rainures en fonte au moyen de roues de frottement pour le faire avancer et reculer doucement d'un bout à l'autre. Le chariot contient un certain nombre de broches d'acier, lesquelles reçoivent un mouvement rapide d'un long cylindre, au moyen de cordes séparées qui passent autour de la poulie de chaque broche. Le cylindre est un tambour de fer-blanc de six pouces de diamètre, recouvert de papier et qui se prolonge sur toute la largeur du chariot. Les broches sont maintenues presque verticalement dans un châssis, à une distance de quatre pouces les unes des autres; leurs extrémités inférieures ont des pointes coniques, et tournent dans des crapaudines de cuivre. La roue qui imprime le mouvement est placée en dehors du corps principal de la machine; son arbre pose sur des montants verticaux fixés sur le chariot. La roue est tournée par un boudineur; sa main droite est appliquée à une manivelle qui fait mouvoir le tambour et tourner les broches avec la plus grande vitesse.

Chaque broche reçoit une portion de mèche de laine tendre, fixée, sur un rouleau de bois, à l'une des extrémités du métier. Les mèches passent de là à la rangée de broches qui sont dans le chariot, de sorte qu'elles s'étendent sur une ligne presque horizontale. Le mouvement alterné du chariot rapproche ou éloigne les broches du rouleau, de manière à donner aux boudins le degré de longueur requis. Les cardées ou rubans de laine qui doivent être filées en mèche sont placées en lignes droites les unes à côté des autres sur un tablier sans fin, tendues sur un plan incliné entre deux rouleaux horizontaux. Une cardée est assignée à chaque broche, et le nombre de broches peut varier de cinquante à cent dans une seule machine. Un rouleau repose sur les cardées qui avancent le long du tablier; et, comme il doit les presser légèrement, il est fait en bois léger. Vis-à-vis de ce rouleau est une longue barre de bois, avec une autre en-dessous, fixée horizontalement en travers du métier. La cardée est conduite entre ces deux barres, la barre supérieure et mobile étant levée pour les recevoir. Lorsque la barre est abaissée, elle pince fortement la cardée. La barre supérieure ou mobile est fixée entre des supports à coulisses, et un fil d'archal est joint à un levier. Lorsque le chariot est arrivé au bout de la machine, une roue soulève le bout du levier, et celui-ci, au moyen du fil d'archal, lève la barre supérieure, de manière à dégager toutes les cardées. Dans cet état de choses, si l'on retire le chariot d'auprès de la barre, il tire nécessairement les cardées en avant sur un plan incliné. Il y a un petit crochet qui reçoit la barre supérieure, et l'empêche de tomber jusqu'à ce que le chariot se soit éloigné à une certaine distance et ait tiré une longueur d'environ huit pouces, de cardées; un arrêt sur le chariot vient toucher le crochet, et l'enlève de manière à laisser tomber la barre supérieure, afin de pincer la cardée. En même temps on a tourné la roue pour tenir les broches en mouvement, et pour donner aux cardées la torsion convenable, à mesure qu'elles sont étirées, afin de les empêcher de casser.

On pourrait croire que les mèches tendres ont une tendance à s'entortiller autour des broches; mais, comme elles se présentent dans une direction oblique, elles ne reçoivent que le mouvement de torsion, et tournent toujours autour des pointes des broches sans s'y dévider. Lorsque le boudineur a donné aux mèches le degré de torsion convenable, il se prépare à les envider sur des broches en forme de cône, en pressant du bras, avec la main gauche, la baguette à fil de cuivre, de manière à l'éloigner des pointes des broches, et à la placer vis-à-vis de leur milieu. Il fait alors tourner les broches, et pousser en même temps le chariot lentement, de manière à envider les mèches sur les broches en forme de canettes coniques.

Le fil d'archal doit régler l'envidage de toute la rangée de mèches à la fois; il est incliné à cet effet, par sa connexion avec une barre horizontale, qui tourne sur des pivots à ses extrémités, dans des coussinets fixés sur des montants que porte le chariot. En tournant cette barre sur ces pivots, le fil d'archal se lève et s'abaisse à tous les degrés d'inclinaison désirés. Le boudineur, en saisissant la barre de la main gauche, fait par là sortir les broches; mais, à son retour, il baisse la baguette en même temps qu'il pousse le chariot devant lui. Comme les rubans ou cardées sont extrêmement tendres, ils seraient bientôt étendus ou rompus si on les entraînait au-dessus du plan incliné. Pour éviter la nécessité de cette traction, on applique une corde autour d'une cannelure au milieu du rouleau supérieur, et, après l'avoir passée sur les poulies convenables, on suspend un poids à l'un de ses bouts, et un autre plus petit à l'autre. Le plus petit poids ne sert qu'à tendre la corde, mais le plus gros tend à faire tourner les rouleaux avec leur tablier sans fin, de manière à transporter les cardées sans leur imposer aucune contrainte. Chaque fois que le chariot arrive à son point de départ, le gros poids se monte au moyen d'un morceau de bois qui sort du chariot, et qui frappe un nœud de la corde à l'endroit où elle est horizontale; ce morceau

de bois pousse la corde à une certaine distance, de manière à faire monter le gros poids, mais le tablier sans fin ne peut revenir en arrière, parce qu'il est retenu par un cliquet à l'extrémité de l'un de ses cylindres, et la corde glisse ainsi autour du cylindre. Lorsque le chariot se retire, le plus gros poids fait tourner le cylindre et avancer le tablier sans fin, de manière à livrer les cardées à mesure que le chariot, en sortant, les étire; mais lorsqu'une quantité suffisante est livrée, le nœud de la corde arrive à un arrêt qui l'empêche d'avancer plus loin; et au même instant la roue quitte le levier et laisse tomber la barre supérieure, qui pince fortement la cardée. La roue, étant alors mise en mouvement, fait tourner les broches; et le chariot, étant sorti, étend les mèches qui sont en même temps soumises au tendage. En évidant les mèches, l'ouvrier doit avoir soin de pousser le chariot en avant, et de tourner la roue de manière que les broches n'envident pas plus vite que le chariot ne roule sur les rainures; autrement les mèches en souffriraient.

L'enfant qui sert cette machine apporte les rubans de sa carde et les dépose sur un tablier incliné; il doit avoir soin de joindre les nouveaux rubans à la suite des derniers.

Ce mode de travailler est encore usité dans les établissements qui existent d'ancienne date; mais dans les fabriques nouvelles que l'on a montées depuis la loi sur le travail des enfants, on a substitué, aux cardes dont nous avons parlé plus haut, le système des cardes fileuses dites américaines, qui n'en diffèrent que par la transformation de la laine en fil en gros, que la dernière carde opère d'une manière analogue à la formation du ruban aux cardes à coton. Il existe plusieurs modifications de ce mécanisme pour la transformation en fil en gros; celle que nous venons d'indiquer à la suite de la carde à laine est une des plus simples et des plus généralement adoptées. On comprendra facilement les autres par la description de celle-ci. Les fils, au lieu de s'enrouler autour des cylindres, s'envident sur des bobines, afin d'être mieux disposés pour le filage en fin.

La laine, arrivée à cet état, est enfin filée au métier Mull-Jenny (*Voy.* Coton), décrit pour le coton, sauf les modifications suivantes:

L'étirage, au lieu de se faire uniquement par la différence de vitesse des cylindres délivreurs, ou par ces cylindres et la course du chariot, se fait, dans la laine cardée, par la course du chariot seulement; le métier, au lieu de deux paires de cylindres, n'en possède qu'une paire destinée à guider, à la sortie des bobines, le fil en gros qui se trouve attaché aux broches, et étiré par l'avancement du chariot. Les autres temps du filage, c'est-à-dire la torsion et le renvidage, se font exactement d'après les mêmes principes que ceux décrits pour le Mull-Jenny ordinaire. Ce métier, d'après nous, pourrait être approprié parfaitement au filage en fin de la laine cardée, quoique nous n'ignorions pas les motifs que l'on fait valoir contre son emploi. Ils consistent à dire, avec raison, que, pour la laine cardée, le fil doit être moins laminé, afin de pouvoir s'enfilocher plus facilement lors du foulage; mais, comme ce laminage qu'on redoute tient plus aux nombreuses préparations qu'on fait subir au coton et à la laine peignée, et qu'on évite pour la laine cardée, l'inconvénient dont on parle ne serait certainement pas à craindre; et on serait bientôt convaincu que si on emploie le métier que nous nous permettons de critiquer, c'est uniquement parce qu'on a l'habitude de l'employer depuis l'origine de l'introduction de ces machines dans cette spécialité.

Après le filage, la laine est dévidée pour être transformée, soit en écheveaux destinés à la chaîne, soit en bobines ou canettes propres à être disposées dans la navette pour la trame. Le dévidoir employé est le même que pour celui de la laine peignée; mais le numérotage ou l'étirage du fil cardé n'est pas le même: il va paraître bien barbare, si on le compare au système décimal, qu'il serait si convenable d'établir enfin. L'unité de longueur adoptée est de 3,000 aunes ou de 3,600 mètres, l'unité de poids, la livre ou 1/2 kilogramme. Les 3,600 mètres portent le nom d'une livre de longueur; cette livre se partage en quatre parties ou quatre quarts, qui se divisent chacun en dix sous. Ainsi une laine cardée, filée à quatre quarts, a 3,600 mètres de longueur pour 1/2 kilogramme; celle de 6 quarts aura $900 \times 6 = 5,400^m$ par 1/2 kilogramme; celle de 6 quarts 5 sous aura $5,850^m$; celle de 21 quarts $18,900^m$.

La laine pour trame, au lieu d'être disposée en écheveaux, est dévidée en canettes sur de petits cylindres ou fûts de dimensions convenables, pour entrer dans la chasse ou creux de la navette.

On remet au tisserand la quantité de laine pour chaque chaîne ou trame, convenablement à portée, suivant l'espèce de drap qu'on veut produire. C'est lui qui est chargé d'ourdir et d'encâbler la chaîne selon les indications qu'il a reçues.

LAIT (Conserves de). — La conservation du lait, pour les voyages au long cours surtout, est devenue un problème important des temps modernes.

L'un des procédés employés pour condenser le lait et en faire des conserves est indiqué par M. Braconnot. On amène trois à quatre litres de lait sur un feu doux, à la température de 40° centigrades; on y verse à plusieurs reprises de l'acide chlorhydrique étendu de 30 parties d'eau. La coagulation s'opère. On retire le caillé; on le remet sur le feu avec addition de 5 à 7 grammes de sous-carbonate de soude cristallisé réduit en poudre. On obtient ainsi une crème épaisse et condensée qu'on peut aromatiser, puis sucrer avec un poids égal de sucre. Cette conserve mêlée avec huit fois son volume d'eau donne un lait passable.

D'autres prennent le caillé frais de lait

écrémé, le mettent sur le feu, le pressent et le délayent avec addition de 3 grammes de bi-carbonate de soude par kilog. de caseum, et font évaporer l'eau par la chaleur. Le résidu forme une pâte gluante que l'on retire, que l'on étend et que l'on fait sécher un peu, que l'on coupe en lamelles et que l'on achève de sécher. Dissoute dans l'eau bouillante, cette pâte donne un liquide assez semblable au lait.

En 1826, M. Malbec prit un brevet d'invention pour un procédé de préparation et de conservation de lait. Son procédé consiste à faire évaporer le lait légèrement écrémé, en y mêlant le 16ᵉ de son poids de sucre blanc. On procède à l'évaporation dans une bassine et au bain-marie, on agite sans cesse avec une spatule de bois; on s'aperçoit que l'opération est terminée quand, en faisant refroidir une quantité du liquide, il acquiert une consistance dure et cassante. On le laisse refroidir et on le met dans des sacs entourés de feuilles de plomb ou dans des flacons convenables. L'auteur assure que l'extrait de lait ainsi préparé se conserve des années entières, et donne, étant dissous dans l'eau, un lait excellent. Pour en faire usage, on le dissout dans de l'eau chaude et sur le feu, dans la proportion de 6 cuillerées dans 13 onces d'eau.

L'emploi du sucre pour la conservation du lait a été indiqué par M. W. Newton dans son journal de mai 1836. — Après avoir mêlé au lait une quantité de sucre en poudre, il le faisait évaporer au bain-marie jusqu'à consistance de pâte molle ou crême épaisse, et le mettait ensuite dans des bouteilles ou dans des pots. En dissolvant ainsi le lait préparé dans de l'eau chaude, il lui rendait sa saveur naturelle et toutes ses propriétés. M. Martin de Lignac, propriétaire dans le département de la Creuse, remplit cette condition. Habitant un pays où le fourrage est abondant et d'excellente qualité, il y a formé un établissement où il prépare des conserves de lait à l'usage de la marine. Voici le procédé qu'il emploie, tel qu'il est spécifié dans la patente qui lui a été délivrée en Angleterre le 7 octobre 1847.

L'appareil servant à l'opération se compose d'une bassine plate, en cuivre, de grande dimension, plongeant dans une autre bassine contenant de l'eau et dont le fond est occupé par un tuyau percé d'un grand nombre de petits trous. Ce tuyau est en communication avec une chaudière dont la vapeur, en traversant les petits trous, échauffe l'eau du bain-marie. La grande bassine étant échauffée à une température qui n'excède pas 100°, on y verse le lait dans toute sa pureté et sans être écrémé; il ne doit y occuper qu'une profondeur d'un centimètre. On ajoute ensuite par chaque litre 75 grammes de sucre en poudre; on a soin de remuer constamment avec une spatule de bois pour hâter l'évaporation, laquelle dure environ 2 heures. Lorsque le lait est réduit au sixième de son volume primitif, et arrivé à la consistance du miel, on intercepte le passage de la vapeur et on remue encore vivement pendant quatre à cinq minutes, puis on verse dans un vase de cuivre chauffé à l'eau bouillante, et l'on introduit finalement le lait ainsi concentré dans des boîtes cylyndriques en fer-blanc, dont le couvercle est assujetti par une lame de plomb qui l'entoure. Les boîtes ainsi closes sont laissées au repos pendant 24 heures; ensuite on soude la lame de plomb autour du couvercle afin d'obtenir une fermeture hermétique; on les chauffe au bain-marie dans un appareil particulier composé d'un gros tuyau percé de trous qu'on plonge dans l'eau bouillante, après y avoir introduit les boîtes. On fait tourner le tuyau pendant 10 minutes, au bout desquelles les boîtes sont retirées. Pour reproduire le lait primitif, on ajoute à la conserve cinq fois son volume d'eau, et l'on fait chauffer comme s'il s'agissait de lait ordinaire.

Les conserves de M. de Lignac ont été adoptées par l'amirauté anglaise pour le service de l'État. Des expériences faites à Toulon et à Brest ont constaté la bonne qualité de ces conserves pour les approvisionnements de la marine.

Il est à observer que le mode d'alimentation des vaches et la nature du lait ont une influence très-grande sur les qualités de ces conserves. Aussi M. de Lignac s'est-il imposé l'obligation de ne préparer ces conserves qu'au printemps et en été, alors que les fourrages verts et frais, et le pacage, donnent un lait de qualité supérieure.

Il résulte de ces expériences faites par les commissaires de l'Académie des sciences, à laquelle M. de Lignac avait soumis des échantillons de ses conserves embarquées et non embarquées, 1° qu'elles se délayent facilement dans l'eau tiède et deviennent alors plus opaques ou laiteuses. Lorsque, par l'addition de quatre volumes d'eau de rivière, on a quintuplé leur volume, le liquide obtenu offre la composition moyenne du lait normal; on peut le chauffer à 100° et faire bouillir ce lait sans qu'aucune altération s'y manifeste; 2° qu'employées dans les préparations usuelles de thé, de café, de chocolat, il serait difficile de distinguer ces aliments de ceux que l'on confectionne avec le lait ordinaire sucré et bouilli; 3° que, si on laisse pendant huit ou dix jours la boîte ouverte sans y rien prendre, la superficie de la substance pâteuse devient jaunâtre et peut contracter une très-légère odeur de rance; mais il suffit d'en enlever une couche de quelques millimètres pour éliminer le peu de substance modifiée (1).

Nous joindrons ici l'extrait d'un mémoire de M. Martin de Lignac sur ses nouvelles conserves de lait.

Après avoir parlé de l'importance des prix proposés par la Société pour l'encouragement de l'agriculture, et principalement

(1) Voy. *Bulletins de la Société d'encouragement*, 1850.

de ceux pour une meilleure méthode de consommation des pâturages relativement à l'alimentation des bêtes à lait, des moyens d'obtenir des *maximum* de lait, d'une consommation donnée de lait, enfin de la conservation du lait, l'auteur annonce s'être attaché spécialement à la solution de ce dernier problème.

Il fait observer que, dans les régions où les voies de communication ont pris un grand développement, où il existe beaucoup de lieux de consommation, le lait a une grande valeur et peut être immédiatement vendu en nature ou sous ses deux formes principales de beurre et de fromage avec d'immenses bénéfices. Un litre de lait vaut alors quinze et même vingt-cinq centimes.

Mais les régions moins privilégiées, à une distance plus grande des villes populeuses, le lait ne vaut guère plus de dix centimes le litre; il sert principalement à la nourriture des populations rurales. Il est enfin des contrées plus ingrates où le lait est employé en grande partie à la nourriture des veaux; son prix alors dépasse à peine cinq centimes.

La contrée qu'habite l'auteur se trouve principalement dans ces dernières conditions : le lait n'y vaut pas dix centimes le litre, et la confection des fromages y rencontre de grandes difficultés. Dès lors M. Martin de Lignac a dû chercher à tirer parti d'un lait abondant et d'excellente qualité, et il a pensé que sa transformation en conserve pour les besoins de la marine et des voyages de longs cours pourrait lui offrir un débouché avantageux. Le but que s'est promis l'auteur a été de produire sur une grande échelle des conserves de lait qui, sans mélange de substances étrangères et par la simple addition de l'eau primitivement enlevé par la vaporisation, rendent, après un certain temps et sous l'influence des climats les plus chauds, un lait agréable et sain ; des conserves qui, par leur prix élevé sans être excessif, compensent les frais de manipulation et de transport, de manière à offrir les bénéfices du lait rendu en nature ou sous la forme de beurre et de fromage, et placent par là les fermes des contrées les moins favorisées au niveau des fermes voisines des grandes villes quant à la vente de leur lait. Après avoir rappelé ces tentatives infructueuses faites à différentes époques pour concentrer et conserver le lait nécessaire au service de la marine sans changer ses principes constituants ni altérer sa saveur, l'auteur cite les procédés de Braconnot et celui de M. Villeneuve, qui n'a manqué que parce qu'on évaporait le lait préalablement sucré à diverses doses dans des bassines profondes, tantôt à feu nu, tantôt au bain-marie, en enlevant la crème, qui montait en couche épaisse à la surface et se durcissait au contact de l'air. Mais alors le lait paraît en goût peu agréable pour réussir complétement; il faut empêcher la crème de se séparer du lait, lui conserver la propriété qu'elle a de se dissoudre dans l'eau, la préserver de toutes saveurs désagréables et du contact de l'air, en fermant la conserve dans des boîtes hermétiquement fermées. Voici comment opère M. Martin de Lignac : On chauffe d'abord le bain-marie par l'introduction de la vapeur, puis on verse le lait sucré à raison de 75 grammes par litre dans des bassines très-plates, où il n'occupe qu'une profondeur d'un à deux centimètres. Pour que la crème ne monte pas à la surface, et afin de hâter l'évaporation, on remue constamment avec une spatule. L'évaporation, qui se fait à une température ne dépassant jamais 100° centigrades, dure environ deux heures. Le lait se trouve alors réduit à la consistance de miel. On enferme la pâte ainsi obtenue dans des boîtes de fer-blanc hermétiquement closes, qu'on soumet à un bain de vapeur comme les conserves de fruit, de légumes et autres. Pour se servir de cette conserve, on y ajoute quatre fois son poids d'eau, et en faisant bouillir ensuite ce mélange, on reproduit le lait primitif avec toute sa saveur et ses qualités, excepté qu'il est sucré et plus agréable. L'auteur annonce que ses conserves de lait ont été analysées par M. Brande, célèbre chimiste anglais, qui les a proclamées parfaites, sans odeur ni saveur étrangères. Des boîtes de conserves ont été confiées à de nombreux capitaines de navire anglais, dont les rapports ont été tellement satisfaisants, que les lords-commissaires de l'amirauté n'ont pas hésité à adopter ces préparations pour le service de la marine. M. Martin de Lignac a expédié aux navires de commerce des ports de Nantes, Bordeaux, Marseille, Toulon, le Havre, etc., un nombre considérable de boîtes. Une commission nommée par l'administration de la marine a procédé, dans le port de Toulon, à des expériences comparatives, et dans son rapport elle émet l'opinion que les conserves de M. de Lignac sont bien supérieures à celles préparées jusqu'à ce jour par la méthode d'Appert et toute autre ; que le lait qu'elle donne, se dissolvant dans l'eau, a toujours été blanc, consistant, d'un goût agréable tout à fait identique à celui du lait frais dont on fait usage à terre. Il résulte aussi des essais faits à l'hôpital du Dey à Alger, que le lait a fourni des aliments de bonne qualité et d'une saveur agréable.

Il importe de faire remarquer que le mode d'alimentation et l'entretien des vaches, en modifiant la nature et la propriété du lait, exerce une grande influence sur la qualité des conserves. On ne doit préparer celles-ci qu'au printemps et en été, d'avril en novembre, tout au plus, alors que les vaches, nourries avec des fourrages frais, et mises au pacage, donnent un lait de qualité supérieure. Le lait des vaches nourries à l'étable ne donne que de mauvais produits.

Nous ferons suivre ce mémoire du *Rapport fait par M. Herpin, au nom du Comité des arts économiques, sur les conserves de lait, présentées par M. Martin de Lignac, propriétaire à Monlevade, près Guéret, département de la Creuse.*

M. Martin de Lignac, dit M. Herpin,

propriétaire-cultivateur, dans le département de la Creuse, a présenté à la Société un *Mémoire sur de nouvelles conserves de lait*, et il a joint à ce Mémoire quelques échantillons de ses produits.

Le procédé qu'emploie M. de Lignac consiste à faire évaporer rapidement, quoiqu'à une chaleur au-dessous de 100° centigrades, dans des vases très-larges et peu profonds, du lait récemment trait, auquel on ajoute du sucre dans la proportion de 75 grammes par litre.

Ce lait, réduit d'environ un cinquième de son volume, est ensuite renfermé dans des boîtes en fer-blanc, et traité suivant les procédés d'Appert. Le couvercle de ces boîtes est muni d'un cercle en plomb mince, que l'on coupe très-facilement lorsque l'on veut ouvrir la boîte.

Lorsque l'on veut faire usage de cette conserve de lait, qui a pris une consistance pâteuse, on la délaye dans quatre fois son volume d'eau de rivière, et le liquide que l'on obtient de cette manière ressemble en tous points au lait sucré ordinaire de seconde qualité; il bout et monte comme celui-ci.

Le lait préparé par M. de Lignac se vend 6 fr. 50 c. le kilogramme, représentant 9 litres de bon lait.

L'échantillon qui a été remis à votre rapporteur est resté pendant dix mois dans une pièce chauffée ou exposée au soleil. A l'ouverture de la boîte, le lait a été trouvé dans un bon état de conservation, sans aucune odeur désagréable; le lait n'a subi aucune altération pendant les premiers jours qui suivirent l'ouverture de la boîte, bien que celle-ci fût entamée et vidée en partie; mais après le huitième jour, une légère odeur aigre annonçait un commencement de décomposition qui n'avait lieu toutefois qu'à la surface de la pâte, le dessous était encore parfaitement sain.

Les conserves de lait préparé par M. de Lignac ont été déjà l'objet de divers rapports favorables, dont l'un, entre autres, a été fait à l'Académie des sciences par MM. Balard et Payen, mes collègues.

Une commission, instituée par M. le préfet maritime de Toulon, a émis l'avis « qu'il y a lieu de substituer la conserve de M. de Lignac au produit de cette nature dont la marine a fait usage jusqu'à ce jour. »

M. le ministre de la marine, l'amirauté anglaise, plusieurs capitaines de vaisseaux destinés à des expéditions de long cours, font en ce moment l'essai, en divers points du globe, des conserves de lait de M. de Lignac. Si des expériences faites en grand sous de différentes latitudes, continuées pendant un temps suffisamment prolongé, viennent confirmer, ce que nous espérons, les avantages du procédé si simple et si utile de M. de Lignac, cet honorable industriel aura rendu à l'humanité, à la marine, à l'agriculture, un service des plus importants, et il aura des droits incontestables aux récompenses que vous avez offertes, Messieurs, dans vos concours, pour la conservation des substances alimentaires.

En attendant, j'ai l'honneur de vous proposer, au nom du Comité des arts économiques :

1° De remercier M. Martin de Lignac de sa communication;

2° De faire insérer le présent rapport dans le *Bulletin*, ainsi que le Mémoire qui vous a été adressé par M. de Lignac, sur les conserves de lait et le mode de fermeture de ces boîtes.

Signé HERPIN, rapporteur.

Approuvé en séance, le 26 février 1851.

Il n'est peut-être pas hors de propos de terminer cet article par l'exposé d'un procédé ayant pour but d'obtenir à la fois et l'augmentation de la crème dans une quantité de lait donnée, et l'amélioration du beurre.

Un journal italien, la *Gazette de Nice*, rapporte un fait qui n'est pas nouveau dans la science, mais que nous croyons devoir reproduire cependant, parce que, mieux défini aujourd'hui qu'autrefois, il nous semble devoir tôt ou tard amener d'importantes innovations dans la fabrication du beurre.

« Si l'on faisait des expériences, dit ce journal, pour connaître s'il n'y aurait pas un moyen d'obtenir quelque avantage à substituer des vases de zinc à ceux d'étain ou d'autre matière, dans lesquels on conserve le lait, les tentatives répétées donneraient probablement les résultats les plus satisfaisants. Le lait conservé dans le zinc se coagule quatre ou cinq heures plus tard que celui conservé dans des vases d'une autre matière, ce qui permet à toute la crème de se séparer. Dans une expérience, trois vases de zinc contenant chacun dix litres de lait ont été comparés à trois autres vases d'étain qui contenaient une égale quantité de lait. Les six vases ont été remplis de lait nouvellement trait le lundi, à trois heures de l'après-midi; le mercredi à neuf heures du matin, quand on a voulu enlever la crème, on a trouvé que presque tout le lait était caillé dans les vases d'étain, tandis que le caillement était à peine commencé dans les vases de zinc; on ne put enlever la crème de ces derniers vases qu'à deux heures de l'après-midi : c'est pourquoi on a battu à part la crème enlevée du lait contenu dans les vases d'étain, et celle enlevée du lait contenu dans les vases de zinc. La crème du lait des vases d'étain a rendu 1 kil. 165 de beurre, et la crème du lait des vases de zinc en a rendu 1 kil. 650. L'expérience a été faite avec les soins les plus scrupuleux, et les personnes qui ont goûté ces deux beurres ont trouvé que celui qui provenait de la crème des vases de zinc était d'un goût plus agréable que celui provenant de la crème des vases d'étain. A quoi attribuer cette différence dans le produit en beurre d'une même quantité de lait? serait-elle due à un effet galvanique du zinc? On

ne peut l'assurer; mais l'augmentation de la quantité de beurre dans les vases de zinc est un effet réel, et ce qui rend cette expérience digne de considération, c'est que le zinc ne s'oxyde ni ne se rouille, et que son poids est presque égal à celui de l'étain. »

Il n'en faut pas douter, la différence de production en crème est ici due à la force électro-chimique des vases de zinc, facilitant le dégagement de la crème du caillé et du sérum; aussi croyons-nous que l'on pourra tirer un grand profit de cette expérience, et arriver à des moyens encore plus puissants que ceux indiqués dans la *Gazette de Nice*.

On le sait, les vases de zinc ne sont pas d'un aspect agréable, ils ont toujours quelque chose de repoussant, et on parvient difficilement à les nettoyer; mais, nous n'en doutons pas, on peut avoir tous les avantages des vases de zinc sans zinc : pour cela, il suffira de déposer dans les vases ordinaires un morceau de ce métal bien décapé et facile à nettoyer. Dans les grandes exploitations agricoles, on pourra mieux faire encore, rechercher et adopter les moyens de développer, le plus facilement et le plus économiquement possible, la force électro-chimique, capable de faciliter le dégagement de la crème du caillé et du sérum. C'est dans la pensée d'attirer sur ce point l'attention des expérimentateurs que nous avons cru devoir publier les faits et les observations qui précèdent.

LAMINOIR. — On désigne sous ce nom des machines composées de cylindres destinés à réduire en lames les métaux qu'on fait passer entre eux, et aussi les cylindres qui, dans les forges anglaises, sont employés à la fabrication des fers en barres.

Un laminoir, quelle que soit la nature du métal sur lequel il doit opérer, se compose essentiellement de cylindres de révolution, tournés avec le plus grand soin, placés parallèlement et sur un plan horizontal, assujettis à se mouvoir en sens inverse, et susceptibles de s'éloigner ou de se rapprocher l'un de l'autre, afin qu'on puisse régler à volonté l'épaisseur de la lame qu'on veut produire. Les cylindres sont portés par un bâti en fer nommé *cage*, dont la force est proportionnée à la grandeur du laminoir et à l'effort qu'il doit supporter. Des roues à engrenage réciproques, fixées sur les tourillons des cylindres, prolongés en dehors de la cage, font mouvoir les deux cylindres en sens contraire, bien qu'il n'y en ait qu'un qui soit mis en communication avec le moteur. Le cylindre supérieur s'éloigne ou se rapproche du cylindre inférieur au moyen de vis de pression que l'on fait mouvoir, au-dessus du bâti, par un mécanisme qui doit tendre à conserver un parallélisme parfait entre les deux cylindres. Il y a des laminoirs qu'on fait mouvoir à bras, au moyen d'une manivelle; ceux d'une plus grande dimension sont mis en mouvement par des chevaux; dans les usines considérables on emploie pour moteur une chute d'eau ou une machine à vapeur.

Il est facile de comprendre comment opère un laminoir : le rouleau supérieur tournant de gauche à droite, et le cylindre inférieur de droite à gauche, si l'on y engage le bout d'une lame métallique, cette lame est entravée par l'effet du frottement des rouleaux sur ses faces à passer tout entière entre eux. Dans ce mouvement, la lame sera nécessairement amincie, si son épaisseur surpasse la distance qui sépare les deux cylindres. Par cette diminution d'épaisseur, les autres dimensions de la lame devraient augmenter dans un rapport inverse, et, comme la largeur varie ordinairement peu, une lame amincie de moitié devrait doubler de longueur. — Cela est loin d'avoir lieu; le volume de cette lame ne reste pas le même, parce que les métaux soumis à l'action du laminoir augmentant de densité, diminuent de volume, leurs pores se trouvant plus serrés. Ainsi le poids d'un pied carré de plomb laminé sur une ligne d'épaisseur est de 3 kilogrammes, tandis que, d'après la pesanteur spécifique de ce métal, il ne devrait peser que 2 kilog. 722. Les autres métaux sont loin de subir au même degré cette altération de densité.

Les métaux que l'on soumet à l'action du laminoir peuvent se diviser en deux classes : ceux qui sont assez malléables pour être traités à froid, comme le plomb; et ceux qui ont besoin d'être élevés à une certaine température pour être laminés, comme le fer.

Le plomb se lamine très-bien et à froid quand il est pur. On le coule d'abord sur une table garnie de sable fin bien nivelé et uni, puis, lorsque le métal est refroidi, on le passe au laminoir (*Voy.* PLOMB LAMINÉ).

Le cuivre rouge et le laiton se laminent à froid; mais, comme l'action du laminoir écrouit le métal et le rend aigre (cassant), pour lui restituer sa malléabilité, on fait rougir les feuilles de métal et on les plonge dans l'eau froide, puis on les fait repasser sous le laminoir jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'épaisseur désirée.

C'est surtout dans la fabrication de la tôle que le laminoir a une plus grande importance (*Voy.* TÔLE).

On a souvent besoin dans les arts d'obtenir des lames de métaux précieux d'une épaisseur si petite, que la pression de deux rouleaux ne suffirait pas à la produire. On fait alors passer sous le laminoir plusieurs feuilles à la fois, de manière que la compression agissant sur elles en raison de leurs épaisseurs réciproques, on en obtient d'aussi minces que cela est nécessaire. La fabrication du *Plaqué* (*Voy. ce mot*) arrive ainsi à des résultats inouïs, en soudant préalablement les métaux précieux sur une plaque métallique intermédiaire.

Le but des laminoirs à fer n'étant plus de produire des lames, mais des barres, les cylindres, au lieu d'être unis, sont creusés dans le sens de leur circonférence, c'est-à-dire que, pendant qu'ils sont sur le tour, loin de leur donner une surface unie, on les sillonne de cannelures, qui, par le rap-

prochement de deux cylindres assortis, offrent la forme qu'ils doivent donner à la barre. Les cylindres à fer sont fixés l'un par rapport à l'autre, et chaque cannelure présente toujours les mêmes dimensions, de sorte que, pour faire subir au fer toutes les manipulations que nécessite l'échantillon à obtenir, il faut présenter le fer successivement à des cannelures différentes et progressivement plus petites. Ces cannelures sont donc des espèces de filières d'une grande dimension, sur lesquelles on agit par un moyen plus puissant. On fabrique ainsi des fers carrés, plats ou ronds. Dans le premier cas, les cannelures sont angulaires; dans le second, elles sont rectangulaires, et dans le troisième, elles sont creusées en gorge présentant une demi-circonférence. On distingue deux espèces de cylindres : ceux qui servent à étirer la *loupe*, *pudding-rolls* ou *roughing-rolls*, qu'on appelle cylindres dégrossisseurs ou ébaucheurs; et ceux qui traitent le fer devenu malléable par le recuit sont nommés *rollers*, cylindres étireurs.

Suivant quelques auteurs, ce serait Antoine Brucher ou Bruckner qui aurait eu l'idée de substituer l'action des cylindres tournants à celle du marteau dans la production des lames métalliques. Sa machine aurait été employée pour la première fois à la monnaie de Paris en 1553. Ce serait donc à tort qu'on attribuerait l'invention du laminoir à Aubry Olivier, qui n'était que le gardien de cette machine. C'est en 1663 seulement qu'un Hollandais établit à Shew, près de Richemond, le premier laminoir qu'on ait vu en Angleterre, et le laminage du fer par le moyen des rouleaux y fut substitué au travail à main d'hommes par Henri Cert de Gosport. Chaselden fut le principal auteur de ce changement d'opération que Cert et Parnell perfectionnèrent en 1787. L'usine, qui, avec un marteau, fabriquait autrefois 10,000 kilogrammes de fer par semaine, en fournit maintenant 150,000, dans le même temps, avec les cylindres mus par une machine à vapeur de trente chevaux (1).

LAMPES. — « L'éclairage, qui ne consistait autrefois que dans l'emploi d'appareils extrêmement grossiers, a pris, depuis la fin du dernier siècle, un développement extraordinaire, dit un chimiste distingué, M. Mallet. Après la découverte des becs à *double courant d'air* d'Argant, les lampes employées antérieurement par la classe pauvre devinrent un objet de luxe. Bientôt on construisit la *lampe hydrostatique* et celle à *mouvement d'horlogerie*. Enfin le gaz, découvert en France, en 1788, et appliqué en Angleterre par Mardock, en 1792, vient donner une nouvelle importance à l'art de l'éclairage, qui devint alors une branche d'industrie très-importante, et qui excita au plus haut point l'intérêt de tous. »

(1) Cet article est extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

Nous emprunterons à l'*Encyclopédie des gens du monde* le résumé historique des différentes phases qu'a parcourues l'industrie *lampadaire*.

Les lampes se composent de plusieurs parties principales : le réservoir, où l'on met l'huile; le conduit, qui la dirige vers la mèche, laquelle est maintenue par le bec et le porte-mèche; la cheminée en verre, qui sert à alimenter la flamme de l'air nécessaire; le garde-vue ou réflecteur, et les globes, demi-globes, etc.; puis le pied qui soutient la lampe, ou les chaînes qui servent à la suspendre; un godet destiné à recueillir l'huile qui s'échappe goutte à goutte, etc.

On sait que l'huile monte naturellement dans la mèche par l'effet de la capillarité. Pendant un grand laps de temps la mèche ne fut qu'un long fil de lin, et plus tard de coton, plongé dans un vase rempli d'huile et sortant seulement par le bout. Cette mèche pleine était ou cylindrique ou aplatie, et toujours formée de fils parallèles en plus ou moins grande quantité; plus tard on imagina une sorte de mèche plate formée d'un tissu lâche en coton, semblable à un ruban étroit. On cire ordinairement ces mèches pour leur donner plus de raideur et les rendre moins promptes à se charbonner. Une troisième sorte de mèche, inventée par Argant, est de forme cylindrique, mais vide intérieurement, c'est-à-dire qu'elle ressemble à un tube ou tuyau. Elle est tissue au métier, en coton lâche, mais jamais écru. Les lampes Locatelli emploient des mèches carrées et compactes d'une façon particulière. Il est généralement avantageux d'élever beaucoup la mèche, et, dans certaines lampes bien construites, on peut le faire sans produire de fumée : c'est ce qu'on appelle brûler à blanc. Dans toutes les lampes on monte et on descend la mèche à volonté. L'appareil inventé par Argant, qui consistait dans une longue crémaillère, était peu commode, et on l'a successivement remplacé par plusieurs autres. La forme des becs a varié autant que celle des mèches. On distingue les becs plats et les becs d'Argant ou cylindriques. Les becs plats sont de deux sortes : les becs à mèches plates sans cheminée ou becs nus, et les becs ayant une cheminée en verre. Cette disposition des becs est la plus mauvaise, principalement celle des becs nus. C'est encore ce dernier genre de becs qu'on emploie dans les reverbères pour l'éclairage des rues, des corridors, etc. Ils ont subi une grande amélioration quand lord Cochrane eut, le premier, l'idée de disposer le plan de la mèche dans une situation telle, que le bec présente en avant sa paroi la plus mince.

En substituant aux becs plats et à leurs mèches pleines à fibres parallèles un bec et une mèche en forme de cylindre creux, Argant trouva le moyen d'augmenter la lumière des lampes en faisant éclairer la partie intérieure de la flamme. Depuis cette époque (1786), toutes les lampes à peu près sont

disposées d'après ce système. Les premiers becs construits par cet inventeur avaient leur mèche pincée par en bas entre deux anneaux de cuivre : elle pouvait monter et descendre entre ces deux anneaux à l'aide d'une tige de fer deux fois coudée, dont une branche glissait dans un conduit ménagé le long du grand cylindre. Dans l'origine, la cheminée employée par Argant était en tôle, sa partie inférieure était placée au-dessus de la flamme, où elle était maintenue par un collier fixé à une tige. Cette cheminée a été remplacée par un cylindre de verre dont le diamètre est plus grand que celui de l'enveloppe extérieure de la mèche, et qui descend verticalement jusqu'au-dessous de la flamme. Ainsi, comme l'air a non-seulement accès à l'extérieur de la mèche cylindrique, mais encore qu'il monte dans l'intérieur pour alimenter la flamme, la combustion s'opère plus rapidement, et l'on obtient une plus belle lumière avec la même quantité d'huile brûlée, parce qu'il s'en vaporise très-peu, et l'on n'a ni odeur ni fumée.

Sous le rapport de leur appareil, on peut diviser les lampes en trois classes principales : les lampes à réservoir de niveau avec le bec; les lampes à réservoir supérieur au bec, et les lampes à réservoir inférieur au bec, dans lesquelles se rangent les lampes hydrostatiques et les lampes mécaniques. Les lampes à réservoir de niveau avec le bec sont très-simples. Une condition nécessaire, c'est que la partie de la mèche dans laquelle s'opère la combustion soit à une très-petite distance du bain d'huile. Cette condition est toujours remplie dans les veilleuses, parce que la mèche ayant peu de longueur, et se trouvant placée sur un flotteur qui reste toujours à la surface de l'huile, il y a constamment la même distance entre le sommet de la mèche et le réservoir. On classe encore dans cette catégorie une foule de lampes, et entre autres la *lampe astrale*, inventée par M. Bordier-Marat, et la *lampe sinombre*, inventée par M. Philipps, avec sa couronne servant de réservoir, et dont le bec ou porte-mèche est maintenant adopté pour toutes les lampes.

Les lampes à réservoir supérieur au bec sont presque toutes connues sous le nom de *quinquets*, nom qui leur vient d'un pharmacien de Paris qui avait eu l'idée des cheminées. Elles étaient autrefois très-employées; le réservoir était porté sur une tige verticale servant de pied; mais, comme elles ont l'inconvénient de projeter une ombre derrière le réservoir, on ne les emploie plus guère qu'en les attachant sur les murailles des lieux qu'on veut éclairer.

Dans les lampes à réservoir inférieur au bec, il faut que l'huile soit maintenue dans le bec à la hauteur convenable par une certaine force; et, comme l'huile doit arriver continuellement à mesure qu'elle est consommée, ce mouvement ne peut être produit que par une action motrice équivalente: ainsi, dans ces sortes de lampes, il est nécessaire d'employer un mouvement constant. Ce mouvement est tantôt produit par une application de la théorie de l'équilibre des liquides, tantôt par un mécanisme plus ou moins ingénieux ou compliqué. C'est ce qui fait diviser les appareils à réservoir au-dessous du bec en *lampes hydrostatiques* et en *lampes mécaniques*.

Dans les lampes hydrostatiques, l'huile est élevée du pied, où on l'a versée, jusqu'à la mèche qu'elle baigne, par une force de pression, à l'aide d'un liquide, précisément comme dans la *fontaine de héron*. Mais, outre cette espèce de lampes hydrostatiques, qui ne contiennent que de l'huile et de l'air, il y en a encore d'une autre sorte qui renferment de l'huile et une liqueur d'une plus grande densité. Ces dernières sont plus modernes et plus répandues que les premières.

Les lampes mécaniques sont sans contredit les plus belles. L'idée de prendre le pied même de la lampe pour réservoir, et de faire monter l'huile à l'aide d'une pompe mise en action par un mouvement d'horlogerie, est due à Carcel et Carreau, et c'est pour cela qu'on les a nommées *lampes Carcel*. Depuis eux, MM. Gagneau, Gotten et autres ont seulement perfectionné ou changé le mécanisme.

C'est à M. Mallet que nous emprunterons encore quelques mots sur les *lampes à mouvements d'horlogerie*.

C'est à Carcel, dit-il, qu'on doit la construction de ces lampes. Elles ont pour effet de supprimer les ombres que donnent toujours les réservoirs dans les lampes à niveau supérieur au bec, et donnent une flamme bien supérieure en intensité aux lampes précédentes. Cet effet est produit par l'écoulement continu et surabondant de l'huile sur la partie de la mèche où s'opère la combustion, d'ou résulte une combustion extrêmement active.

Voici en quoi consiste l'appareil de Carcel : Une boîte supérieure au mouvement d'horlogerie est divisée en trois compartiments; l'un renferme un piston dont la tige est mise en mouvement par une manivelle mue elle-même par un mécanisme inférieur. Il est divisé en deux parties qui portent chacune une soupape; à la partie supérieure du vase se trouve un tube, et à la partie inférieure deux soupapes. Cet appareil plonge dans le réservoir à huile. Le piston étant mis en mouvement, deux des soupapes s'ouvrent et les deux autres se ferment. Le liquide à droite passe dans le vase et de là dans le tube supérieur d'où il se répand sur la mèche, pendant que se maintient, plein de liquide, le piston marchant en sens contraire; les soupapes s'ouvrent et se ferment; il résulte de ce mouvement un résultat analogue à une aspiration continue, et par conséquent une distribution régulière du liquide.

Le mouvement de l'huile ne peut être constant avec une seule pompe; aussi, dans la plupart des systèmes perfectionnés depuis que l'invention de Carcel est dans le domaine public, a-t-on employé deux pompes qui

chassent l'huile dans le même conduit. On pourrait employer aussi une chambre à air intermédiaire. MM. Gotten, Gagneau, etc., se sont acquis une juste réputation en modifiant les détails du système Carcel.

M. Carreau a tenté assez heureusement de construire une lampe à mouvement d'horlogerie à un prix modéré, qui permît d'en rendre l'emploi plus général. Pour cela il a simplifié considérablement le mécanisme en supprimant le régulateur, et le réduisant à un barillet et à un excentrique portant la tige des pompes.

Il régularise l'arrivée de l'huile par l'huile elle-même, forcée de traverser un diaphragme percé d'un trou très-petit et placé dans le tube d'arrivée de l'huile. La contraction au passage est d'autant plus grande que le ressort a plus de force. Ce moyen très-simple donne de bons résultats, mais exige des nettoyages fréquents.

Généralement dans les lampes à mouvements d'horlogerie on a mis les pompes au-dessous du réservoir d'huile, en faisant traverser à la tige des pompes une boîte en cuir. Il peut en résulter des inconvénients graves, et notamment l'écoulement de l'huile à l'extérieur de la lampe. Aussi, doit-on préférer les dispositions dans lesquelles les pompes sont placées au-dessus du réservoir. On peut aussi, comme l'a conseillé M. Sainte-Preuve, laisser les pompes au-dessus du réservoir d'huile et faire passer la tige communicatrice par un tube traversant le réservoir d'huile et soudé au fond de ce dernier; alors la tige s'élève au-dessus du bain d'huile, et c'est à son extrémité supérieure qu'on adapte les organes qui doivent la lier aux pompes.

Lampe solaire. Une invention fort curieuse a paru dans ces dernières années. Elle permet d'obtenir, sans mouvement d'horlogerie, et en employant des lampes qui, quant à la forme du réservoir, se rapprochent des plus anciennes dispositions, une combustion éclatante de blancheur. C'est la lampe dite solaire. Cet appareil consiste en un étranglement que l'on fait subir à la flamme, un peu au-dessus de la mèche. La flamme étant mélangée forcément avec l'air (comme cela a lieu dans les appareils fumivores), les parties charbonneuses non encore brûlées, et qui donnent à la flamme une teinte rougeâtre, se brûlent; celle-ci s'allonge et s'élève beaucoup au-dessus du niveau de l'huile en dégageant une lumière extrêmement vive.

Pour tout ce qui a trait aux diverses et nombreuses inventions relatives aux lampes, on peut consulter avec fruit le *Bulletin de la Société d'encouragement ;* on y trouvera la description et le dessin de la majeure partie du grand nombre de lampes nouvelles, construites dans ces dernières années, et qui sont presque toutes des modifications plus ou moins heureuses du système Carcel.

LAMPE DE SURETE. *Voy* GAZ HYDROGÈNE DES MINES.

LETTRES DE CHANGE. *Voy.* PAPIER-MONNAIE.

LIME. — Outil d'acier trempé, dont les faces sont hérissées d'une multitude de dents que l'on forme en relevant la matière, avant qu'elle soit trempée, au moyen d'un ciseau. On forge d'abord l'acier pour lui donner à peu près la forme que doit avoir la lime, puis on *la dresse*, c'est-à-dire qu'on enlève la superficie qui s'est oxydée sous le marteau, en la faisant passer sous la meule ou sous la lime. Elle est alors bonne à tailler. Pour cette opération, la lime est maintenue sur un *tas* recouvert de plomb par deux courroies, et le tailleur, armé d'un ciseau et d'un marteau, frappe à coups précipités sur *la verge*, de manière à former une foule d'entailles à égales distances et égales profondeurs, et dans une direction oblique à l'axe de la lime; puis, par de nouvelles entailles croisant les premières, il en résulte des dents plus ou moins fines, suivant que les entailles ont été plus ou moins éloignées.

On sent que l'habileté nécessaire ne peut s'acquérir qu'à force d'habitude, et jusqu'ici les machines n'ont pu remplacer avantageusement ce travail manuel, qui demande tant de tact pour coordonner le coup de marteau avec la dureté de la matière frappée ou la coupe du ciseau. Après avoir été taillée, on trempe la lime, opération non moins difficile et d'où la bonté et la durée de l'outil dépendent, puisque trop molle elle ne mord pas, trop dure elle s'égrène.

Ces instruments, si utiles dans tous les arts mécaniques et auxquels les métaux doivent l'uni de leur surface, sont d'une variété de formes infinie. Les grosses limes, qui servent à dégrossir, ont quatre faces égales, deux à deux; renflées au milieu, elles s'amincissent par le bout et sont taillées à fortes dents sur les quatre faces. Les limes moyennes ou *bâtardes* sont ordinairement plates, taillées à dents plus ou moins serrées sur trois faces seulement; elles sont dites *douces* ou *demi-douces*, lorsque leurs dents sont taillées encore plus finement. Suivant leur forme et indépendamment de la taille, elles sont nommées *tiers-points* lorsqu'elles n'ont que trois faces et présentent trois angles ou arrêtes; *queue de rat* lorsqu'elles sont toutes rondes; *demi-rondes* lorsqu'elles présentent une surface plane et une surface convexe; *feuilles de sauge* quand ses deux surfaces sont convexes; *coutelles* ou *fendantes* quand elles ont la forme d'un couteau; *carrelettes* si les quatre faces égales forment un carré parfait. Il y a encore d'autres outils taillés comme les limes, mais qui, au lieu de s'emmancher ainsi qu'elles, se recourbent de mille façons et ne se taillent qu'aux extrémités. On les tient par le milieu et l'on atteint ainsi dans les angles où les limes ordinaires ne sauraient arriver; on les nomme *rifloirs*. Les râpes ou limes à bois ne sont pas taillées à l'aide de ciseau, mais on se sert pour cette opération d'un burin qui relève un petit ergot formant la dent; plus

fin, cet ergot fait donner à la râpe le nom d'*écouenne*.

Ce n'est pas chose facile que de bien limer, de donner au métal sur lequel on agit une surface parfaitement unie et horizontale. Pour achever de le polir, après s'être successivement servi de limes de plus en plus douces, on interpose entre la lime et le métal un papier sur lequel on a répandu et fixé par une couche de colle forte de l'émeri; si la surface n'est pas encore suffisamment polie, on peut employer le brunissoir.

A cet article, extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*, nous joignons quelques considérations pratiques tirées du *Dictionnaire des Découvertes*.

La bonté d'une lime dépend de la nature de l'acier avec lequel elle est formée, de sa trempe, de sa forme et de sa taille. En général, les aciers les plus fins forment les meilleures limes, par la raison surtout que la trempe qu'ils peuvent recevoir est plus parfaite que la trempe dont sont susceptibles les aciers d'une qualité inférieure. Le choix de l'acier est essentiel; car l'imperfection d'un instrument dépend souvent de ce qu'il n'a point été fabriqué avec l'acier qui lui convenait, ce qui a empêché de lui donner la trempe qui lui était nécessaire. Il est difficile de fixer d'une manière précise et de soumettre à des lois exactes l'art de la trempe, et cette difficulté augmente encore avec les différentes qualités d'aciers qui exigent pour chacun d'eux une trempe différente. Il est à présumer que cette opération dépend entièrement du degré de chaleur et du refroidissement qu'on fait éprouver à l'acier. Aussi, jusqu'à présent, c'est à l'usage et à la pratique seule qu'on a laissé le soin de juger de la qualité de ce métal et du degré de chaleur auquel il est nécessaire de le soumettre pour le tremper et lui donner la tenacité, la dureté et l'élasticité dont on a besoin. Ces considérations doivent faire sentir l'importance de toujours employer un acier de même nature pour fabriquer les mêmes objets : comme il en résulte nécessairement une plus grande expérience, il doit en résulter aussi une plus grande perfection. Considérées dans les limes, les deux qualités précédentes sont surtout relatives à leur durée. Les deux qualités suivantes ont une influence plus particulière sur les résultats des opérations qui s'exécutent à l'aide de ces instruments. Sans une forme convenable dans ses limes, l'artiste ne peut souvent parvenir à la perfection qu'il cherche; mais cette vérité est peu connue de la plupart des fabricants, car cette partie est extrêmement négligée. L'inconvénient se fait surtout sentir dans les limes plates, qui servent à former les surfaces planes, et dont la forme semble être le plus arbitraire. Ce sont cependant ces sortes de limes qui exigeraient le plus de soins; leurs faces doivent toujours avoir une certaine convexité qu'il serait essentiel de déterminer exactement et de maintenir avec soin; mais la trempe les déforme souvent. La taille d'une lime est sans contredit de toutes les qualités, celle qui influe le plus sur sa perfection. En vain une lime serait-elle fabriquée avec le meilleur acier, trempé au plus juste degré, et formé de la manière la plus convenable, si la taille n'est pas uniforme et si ses dents ne sont pas dans de justes proportions, la lime s'usera facilement, et l'on ne parviendra pas à exécuter les choses délicates avec la précision et l'exactitude nécessaires. Ces différents inconvénients se font d'autant mieux sentir, que ces limes ont besoin d'une taille plus fine; mais cette qualité si essentielle, quoique la plus facile peut-être à donner à une lime, puisqu'on pourrait employer à cela des moyens purement mécaniques, est celle qui semble avoir été le moins perfectionnée. En effet, excepté quelques machines à tailler les limes plus ou moins imparfaites et dont on ne se sert pas, et les grossières mécaniques employées en Allemagne pour tailler les grosses limes ou les râpes, on ne connaît point de machines à tailler les limes qui pussent avec avantage remplacer les bras dans cette opération, ni de fabriques qui par leurs produits pussent en faire soupçonner l'emploi; du moins le commerce n'offre-t-il aucune lime qui, par l'uniformité et l'exactitude de sa denture, fasse présumer qu'elle a été taillée mécaniquement. Cette opération paraît être tout entière abondonnée à la routine des ouvriers.

Jusqu'à ces dernières années, la France tirait toujours ses limes de l'Angleterre et de l'Allemagne, et aujourd'hui elle est encore obligée d'en tirer la plus grande partie. Plusieurs fabriques de limes ont essayé de s'établir, mais la plupart n'ont pu soutenir la concurrence de l'étranger, soit à cause de l'imperfection de leurs produits, soit à cause du haut prix de leur fabrication.

LIME (Machines a tailler les). — *Invention.* — *M. Perseval, horloger à Reims* an VIII. — Avec la machine dont M. Perseval est l'inventeur, une seule personne peut tailler par jour depuis cinq jusqu'à douze douzaines de limes, selon leur grandeur et la finesse de leur taille; elle possède le précieux avantage d'espacer les tailles également et à volonté, de les croiser de manière que les limes ne dévient point de la ligne dans laquelle on les fait agir, de former des dents sans rebarbes, enfin de donner toujours le coup de marteau dans un plan perpendiculaire à l'axe du ciseau, et de graduer la force de ces coups suivant l'augmentation ou la diminution de surface de la lime. (*Rapport historique sur les progrès des sciences, fait en* 1808, page 256.)

M. Petit-Pierre. 1814. — La machine de M. Petit-Pierre est disposée pour tailler douze limes à la fois; elle est principalement composée : 1° d'un gros tas en fer fondu, pesant environ 150 kilos, porté sur un billot de bois comme une enclume; 2° d'une forte plaque de fer forgé, de la même forme que le tas et ajustée dans deux coulisses qui lui permette d'aller et venir

comme un chariot; sur cette plaque, les douze limes sont posées et maintenues par deux règles d'acier portant chacune douze entailles dans lesquelles sont logés les bouts des limes; 3° d'une vis de rappel qui fait aller et venir le chariot, lorsqu'on tourne, dans un sens ou dans l'autre, une grande roue de tour, dont la corde embrasse une poulie de 85 centimètres de diamètre, fixée sur une vis sans fin qui fait tourner la vis de rappel; 4° de douze bras en fer armés chacun d'un ciseau et articulés à une même traverse, soutenue vers ses extrémités par deux colonnes fixées sur le tas; les ciseaux peuvent prendre les inclinaisons nécessaires pour le croisé des tailles; 5° de douze marteaux placés au-dessus des bras de ciseaux, et dont les manches sont fixés à une même traverse montée sur pivots entre deux poupées également assujetties sur le tas de fonte. Cette traverse est armée, vers le milieu de sa longueur, d'un fort bras ou levier de fer qui se prolonge du côté opposé aux manches des marteaux, jusqu'à une roue montée sur la vis de rappel et portant à sa circonférence des cames en forme de rouleaux qui abaissent par reprise l'extrémité du levier au moyen d'un plan incliné fixé à son extrémité; de sorte qu'en même temps qu'on fait tourner la vis sans fin qui conduit le chariot de limes, on fait frapper les douze marteaux sur les ciseaux autant de coups par chaque tour de vis qu'on a mis de cames sur la roue; et pour augmenter et diminuer la force des coups de marteau, suivant la profondeur des tailles qu'on veut obtenir, il suffit d'incliner plus ou moins le plan qui termine le levier que chaque came fait baisser en passant. Lorsque la première taille est faite, on incline les ciseaux dans le sens opposé, ainsi que le plan qui termine le bras du levier des marteaux; puis on fait tourner la vis de rappel en sens contraire, et la seconde taille s'opère à mesure que le chariot rétrograde. M. Petit-Pierre a composé sa machine pour tailler les limes depuis huit jusqu'à dix-neuf centimètres de longueur, et pour obtenir les variétés de tailles, demi-rude, demi-douce, fine et superfine, à volonté. Lorsque cette machine sera disposée pour travailler en manufacture, l'auteur présume qu'un bon ouvrier pourra tailler, par son moyen et à l'aide d'un moteur, cent à cent cinquante limes par jour. (*Société d'encouragement*, t. XIII, p. 51; *Annales des Arts et Manufactures*, t. Ier, p. 62. Deuxième collection [1].)

LIN. — L'origine de l'emploi du lin remonte à des temps aussi reculés que celui de la laine. Nous pourrons en donner les preuves que nous avons citées en parlant de celle-ci, et ajouter que les étoffes de lin étaient considérées par les anciens comme les plus pures et par conséquent les plus convenables aux vêtements de la caste sacerdotale. — *Voy.* LAINE.

L'examen des bandelettes qui enveloppaient les momies égyptiennes et la description détaillée que donne l'Ancien Testament des habits pontificaux ne peuvent laisser aucun doute sur l'ancienneté de l'usage du lin.

Nous ne pouvons non plus nous empêcher de faire remarquer que, plus tard, du temps de Pline, déjà on était parvenu à faire servir le lin à des emplois très-variés. Si nous l'en croyons, il entrait dans le tissage des toiles à voiles et des toiles les plus légères.

Les passages suivants, qui se rapportent à ce sujet, sont trop curieux pour que nous ne les reproduisions pas ici.

« Une autre merveille qui me frappe dans le lin, dit Pline, c'est qu'une plante qui fait la communication réciproque des différentes parties de l'univers soit produite d'une si petite graine, et qu'elle ait une tige si basse et si mince. Encore ne l'emploie-t-on pas quand elle est dans toute sa force, mais seulement après qu'elle a été bien battue, bien brisée, et rendue par ce moyen douce comme de la laine; ce n'est qu'après l'avoir ainsi détériorée que l'homme fait avec elle d'aussi audacieuses tentatives.

« Un autre malheur de cette pernicieuse culture, c'est que rien ne croît plus aisément que le lin, ce et qui nous fait voir que cela arrive contre l'intention de la nature, c'est qu'il brûle et amaigrit la terre qu'il occupe. »

On voit que Pline ne considérait ici le lin que comme la matière première propre aux toiles à voiles dont il déplorait l'invention en tant qu'elles servaient à porter des armées, et à faciliter les guerres lointaines et maritimes; mais il est remarquable de voir dans le même paragraphe que de son temps les préparations premières de lin étaient ce qu'elles sont encore généralement aujourd'hui et qu'on y faisait déjà les objections qu'on leur oppose encore.

Dans le même livre, Pline parle des tissus légers, en disant :

« La première personne qui trouva la manière de filer ces toiles natives pour en composer de nouveaux tissus fut Pamphile de Céos, fille de Latoüs; car quel moyen de passer sous silence le nom de l'inventrice d'un habillement qui montre une femme à nu sous prétexte de la vêtir ! »

L'industrie mécanique du lin est cependant la plus récente parmi celles qui ont les matières textiles pour bases; sa création à coûté de nombreux sacrifices et de grands efforts. Il a fallu, comme on sait, le génie de l'empereur pour la provoquer, et le talent, l'énergie et la persévérance de Philippe de Girard pour la réaliser.

L'étonnante aptitude mécanique des Anglais était restée impuissante devant la solution de ce problème, et quoiqu'ils aient été réduits à nous emprunter l'invention de de Girard, leur dévorante activité nous a bientôt laissés en arrière par l'importance qu'ils ont su tirer de notre découverte. Nous leur avons donc rendu en partie, pour le

(1) Cet article est tiré du *Dictionnaire des découvertes*.

lin, ce que nous leur avons pris pour le coton, avec cette différence que nous ne cherchons pas à nous attribuer ce que nous leur devons. La gloire d'avoir donné naissance à l'industrie mécanique du lin, telle qu'elle existe aujourd'hui, devrait cependant provoquer moins de débats; car, si les machines qu'elle emploie offrent d'admirables et ingénieuses combinaisons, elles sont loin encore de produire les résultats satisfaisants qu'on est en droit d'espérer, et que l'industrie du coton, elle, a si promptement réalisés.

La lenteur des progrès dans l'industrie du lin doit fixer l'attention; on ne comprend que difficilement comment une matière dont les brins peuvent se diviser à l'infini pour donner naissance à des fibrilles longues, minces, divises, solides, soyeuses et élastiques, est aussi rebelle lorsqu'il s'agit de la transformer mécaniquement en fil, c'est-à-dire continuer à faire pour ainsi dire ce que la nature a si bien commencé, et d'imiter ce que font avec tant de perfection les modestes ménagères de nos campagnes.

Le laborieux enfantement de la filature mécanique du lin offre un contraste remarquable, si on le compare aux progrès rapides de celle du coton, qui s'est développée presque tout à coup et qui a grandi comme par enchantement. Peut-être même le progrès phénoménal de celle-ci n'a-t-il pas été complétement étranger aux difficultés éprouvées par la première. L'idée d'employer indistinctement les mêmes machines pour les matières qui, après un examen peu approfondi, paraissent présenter assez d'analogie, a dû venir naturellement à l'esprit des premiers inventeurs; et ils n'ont été détrompés dans leurs tentatives qu'après d'infructueux efforts, qui leur eussent été probablement épargnés, si la science technologique avait été plus avancée, et les caractères des matières premières mieux définis. Les progrès successifs de cette industrie, de récentes et importantes améliorations qu'on vient d'y introduire, et que nous aurons l'occasion de signaler dans cet article, viendront à l'appui de ces considérations.

Quoique l'industrie dont nous nous occupons ne produise pas encore les résultats qu'on peut attendre pour l'avenir, comme nous venons de le dire, elle est cependant assez avancée déjà, pour menacer sérieusement celle qui se pratique depuis si longtemps manuellement dans nos campagnes et qui leur est d'une si grande ressource. Il eût été certes difficile naguère de faire comprendre à cette intéressante industrie qu'elle allait être envahie de toutes parts par une rivale formidable. Car, non-seulement les tissus de coton allaient faire concurrence aux toiles de ménage, qui ont une durée presque séculaire, mais aussi l'on ne devait pas manquer de substituer bientôt au travail manuel usité depuis si longtemps pour le lin, le travail mécanique qui avait si prodigieusement réussi pour la filature du coton. Cependant la réalisation de ces prévisions s'est faite si subitement, que la modeste industrie domestique comprend qu'une lutte plus longue serait folie. Comment, en effet, des travailleurs isolés, se servant de moyens imparfaits, pourraient-ils supporter la concurrence de l'industrie mécanique ayant à sa disposition les ressources de la science et du capital?

Quoiqu'il ne nous soit malheureusement pas donné d'indiquer un remède à cette pénible situation de la vieille et patriarcale industrie du lin et du chanvre, nous avons cependant cru devoir lui accorder quelques mots pour lui témoigner notre sympathie, et pour faire comprendre que nous n'aurons désormais à nous occuper que de sa jeune et heureuse rivale, la filature mécanique.

Le *lin* ou *linum* appartient à la famille des *caryophyltées*. Les botanistes en considèrent un très-grand nombre d'espèces, mais nous ne mentionnerons que l'espèce ordinaire, le *linum usitatissimum*, en usage dans les arts mécaniques. C'est une plante annuelle originaire du grand plateau de la haute Asie; elle croît et se propage par la culture dans les champs et les jardins; sa racine est assez menue, peu fibreuse; sa tige est ordinairement simple, et varie de 0^{m}, 70 à 1 mètre de hauteur et quelquefois plus; elle est creuse, grêle, branchue vers le sommet. Cette tige est formée d'une série de tubes musculaires réunis entre eux par une matière gommo-résineuse, et enveloppés d'une espèce d'écorce extérieure qui durcit pendant la végétation et qu'on désigne sous le nom de chenevotte.

Le lin est cultivé dans presque toutes les parties de la France, mais plus particulièrement dans le Nord, qui produit le plus estimé; la réputation des lins de la Flandre et de la Belgique est également connue. Le lin se sème à deux époques, en mars et en mai, et se récolte vers la fin de juillet et la fin d'août; celui semé en mars est préféré.

Le choix du terrain et le meilleur mode de culture, qui dépendaient seuls de l'art, ont occasionné de longues recherches et de nombreuses observations. On est généralement d'accord que les terres les plus favorables à la culture du lin sont les terres glaises, profondes, fermes ou peu humides, labourées comme il convient. Les terres graviéreuses et légères donnent, il est vrai, du lin plus fin, mais en plus petite quantité, et d'une moins grande hauteur, et la graine dégénère la deuxième année. Les Hollandais, dont la vieille réputation comme producteurs des plus belles toiles est si méritée, sont dès longtemps fixés sur ce point. Aussi n'est-ce pas de leurs terrains sablonneux et légers qu'ils retirent le lin de leurs toiles les plus estimées; mais bien des terres glaises, lourdes, fermes ou humides de la Zélande.

La culture du lin appauvrissant le sol qui le produit, comme l'avait fait déjà remarquer Pline, il est bon de ne pas le cultiver deux

années de suite dans la même terre, mais d'alterner la culture.

Le lin brut, considéré tel qu'on le détache de la tige, se présente en filaments plus ou moins longs, forts, nerveux, souples, doux au toucher et nuancés, suivant les terrains qui l'ont produit. Les lins sont classés, suivant leur couleur, en lin blanc et lin gris; et suivant leur grosseur, en lin têtard, lin grand, lin moyen et lin de fin.

Le lin blanc est généralement le plus estimé et est d'autant meilleur que sa nuance se rapproche plus du blanc argenté; cette variété comprend les nuances jaunes-blondes.

Les grands lins dits *ramés*, que l'on cultive dans le nord de la Flandre, appartiennent à cette classe; ils sont souples, doux et nerveux. Le lin gris, qui vient ensuite, comprend les différentes nuances de gris depuis la plus foncée jusqu'au gris le plus argenté; ce lin est plus souple, plus soyeux et plus fin, mais moins nerveux que le précédent. Ce sont encore les départements du nord de la Belgique qui produisent le plus communément cette variété.

Le lin de fin est composé du premier choix fait dans le lin ramé; on réunit les brins les plus blancs, les plus longs et les plus fins: il compose donc la classe la plus parfaite. Le lin moyen est le second choix parmi les lins ramés et première qualité de lin gris; cette sorte, blanche ou grise, s'emploie encore pour les beaux fils. Le lin têtard est la dernière qualité, composée de lins gris et blancs; il s'emploie pour les toiles communes.

L'odeur des lins est un caractère essentiel pour constater qu'ils sont dans un bon état de conservation. Il faut que cette odeur soit franche, sans indiquer d'échauffure ni de moisissure.

Les lins sont classés suivant leurs qualités par des numéros d'ordre ou par des lettres alphabétiques.

Travail mécanique du lin. — Les opérations que l'on fait subir au lin depuis la récolte jusqu'à la transformation en fil peuvent se distinguer en deux classes: en *préparations agricoles*, qui se pratiquent presque toujours sur les lieux de la récolte, et en *opérations manufacturières*, qui ne se font que dans les usines qui doivent produire le fil.

Les préparations agricoles comprennent: 1° le rouissage; 2° le macquage ou broyage. Les opérations manufacturières se composent: 1° du peignage du long lin; 2° du cardage des étoupes; 3° de l'étalage; 4° de l'étirage et laminage; 5° du filage en gros ou préparations; 6° du filage en fin; 7° du dévidage et du numérotage du fil.

Du rouissage. — On a vu que le lin est formé d'une série de tubes réunis intimement entre eux par une matière gommo-résineuse; nous avons dit également que la partie extérieure ou espèce d'écorce qui durcit pendant la végétation, avait reçu le nom de chènevotte. On donne le nom de filasse aux fibres intestinales lorsqu'elles se présentent souples et déliées, débarrassées de la matière gommo-résineuse qui les réunit, et de la partie solide qui les enveloppe.

Le rouissage a pour but de dissoudre la partie gommo-résineuse et de détacher les fibres centrales de la tige qui doit former la filasse de l'écorce, afin de faciliter leur séparation qui a lieu par le travail subséquent du macquage ou broyage. Le rouissage s'opère par l'exposition du lin ou du chanvre, pendant un temps qui varie suivant la différence de température et la nature de la matière, à l'action d'une eau courante ou stagnante, jusqu'à ce que la chènevotte se détache de la filasse. Avant d'être mis à rouir, le lin doit être trié, d'après la longueur, la grosseur et les qualités de sa tige et d'après son état de maturité. Plus la plante est mûre, plus le rouissage doit durer. Le séjour dans l'eau d'une matière végétale en présence d'une substance gommeuse, sous l'influence d'une température convenable, provoque une certaine fermentation qui fait dissoudre la matière gommeuse et fait fendiller la chènevotte dans tous les sens. Ces effets se manifestent bientôt par la teinte jaunâtre et l'altération de la limpidité de l'eau.

La température ayant de l'influence sur toutes les réactions analogues à celle du rouissage, on conçoit que sa durée varie avec son élévation; 5 à 8 jours sont moyennement nécessaires pour que l'effet ait lieu dans de l'eau dormante. Les conditions dans lesquelles cette opération s'exécute rendent la réussite parfaite assez difficile et réclament une attention intelligente de la part du praticien. En effet, la matière à rouir est immergée par couches superposées; on conçoit que les premières couches au fond étant plus chargées et moins exposées à la température extérieure, sont plus longtemps à rouir et ne le sont ordinairement pas à point lorsque les couches supérieures commencent déjà à s'altérer par un rouissage poussé trop loin. Cette opération présentant les caractères de la putréfaction des substances organiques, peut non-seulement énerver et affaiblir la matière textile lorsqu'elle n'est pas arrêtée à point, mais offre aussi des inconvénients graves pour l'économie animale; car, maintenu même dans les limites convenables, le rouissage répand une odeur infecte et nuisible, et on admet généralement que les eaux dans lesquelles il a eu lieu altèrent la santé des bestiaux et font mourir le poisson. Parent Duchâtel, seul parmi les hommes compétents, a cherché à démontrer l'innocence du rouissage par des expériences qu'il a faites sur lui-même et sur sa famille avec des eaux qui avaient servi au rouissage.

Les quelques considérations qui précèdent peuvent faire comprendre ce que cette question du rouissage a d'important, et qu'on ait recherché dès longtemps à remédier aux inconvénients que présente le rouissage par immersion; bien des tentatives ont été faites pour le supprimer; on a proposé les différentes modifications suivantes: l'action

de l'eau froide ou chaude tombant d'une certaine hauteur; celle de la vapeur à diverses pressions, l'enfouissement des tiges; la mise en tas et l'arrosage des tiges, en aidant l'opération au besoin par une addition de ferment; le traitement des tiges soit à froid, soit à une certaine température par de la chaux délayée dans de l'eau; l'emploi des dissolutions alcalines caustiques ou carbonatées, ou celui d'une dissolution de savon vert chauffé de 90 à 94 degrés; enfin la substitution d'une préparation mécanique à l'action chimique qui a lieu dans les phénomènes du rouissage.

Aucun de ces procédés n'a été adopté jusqu'ici par la pratique; quelques-uns même n'ont probablement pas été expérimentés; plusieurs l'ont été sans doute d'une manière imparfaite et sans y donner toute l'attention suivie nécessaire à une semblable application, qui, à notre avis, présente plutôt des difficultés rurales et pratiques que des difficultés scientifiques.

Mais là n'est pas la question; il s'agit de trouver un moyen très-économique d'une application excessivement simple, et pouvant se faire en petit, à la portée des habitants de la campagne, ne leur présentant pas plus de difficultés que ne leur en apporte l'emploi des instruments ou des procédés ordinaires dont ils ont l'habitude de se servir; car il est important que le rouissage se pratique sur place, afin de n'avoir pas à transporter inutilement le poids assez considérable de la chènevotte.

M. Ranchon a proposé un nouveau procédé de rouissage qui remplirait toutes les conditions désirables, d'après la déclaration faite par une commission de savants et de praticiens distingués, qui ont expérimenté ce procédé au mois de décembre 1842, dans un local de l'école Polytechnique. Ce procédé consiste à faire rouir le chanvre et le lin dans une quantité d'eau très-légèrement acidulée. L'opération peut se faire, soit en plein air, soit dans une écurie, sous un hangar ou tout autre endroit, en toute saison; il est seulement bien, quand on opère en plein air, de couvrir le chanvre ou le lin avec des feuilles, de l'herbe, ou de la paille, de manière à éviter la trop prompte dessiccation des couches supérieures. Pour opérer on procède de la manière suivante.

Il faut avoir une auge, une caisse ou un récipient quelconque en bois, d'une dimension telle, que l'on puisse facilement y plonger une ou plusieurs bottes de chanvre à la fois. Dans ce récipient, on verse l'eau, et on ajoute à cette eau de l'acide sulfurique du commerce, dans la proportion de 1 kilog. d'acide pour 200 litres d'eau, quand il s'agit du chanvre, et 400 litres, lorsqu'il s'agit du lin; et on agite le tout fortement. La liqueur doit être telle, qu'une petite quantité mise dans la bouche agace seulement les dents. On plonge successivement les bottes, une ou plusieurs à la fois, dans le bain ci-dessus indiqué, en ayant soin, avant l'immersion, d'agiter de nouveau la masse liquide pour que le mélange de l'acide avec l'eau soit bien intime. Les bottes doivent être complétement submergées, de manière que le liquide les pénètre dans toutes leurs parties, puis on les retire et on les place en pile. Pour rendre plus uniforme l'action de l'acide, il est bon, à chaque fois que l'on immerge le chanvre, de changer la position relative des bottes, en mettant dessus celles qui étaient dessous, et *vice versa*. Cinq ou six heures après, on arrose avec de l'eau ordinaire; le lendemain matin on donne une couche nouvelle dans le bain acidulé, de la manière ci-dessus expliquée, et le soir on arrose. On continue chaque jour les mêmes immersions et arrosages, dans le même ordre, jusqu'à parfait rouissage. On cesse alors les immersions dans l'eau acidulée; mais on arrose copieusement avec de l'eau ordinaire pour laver les plantes et arrêter l'effet de l'acide; ce qui peut aussi se faire en donnant une immersion d'eau de lessive alcaline; mais à la suite de cette lessive, il faut arroser avec de l'eau ordinaire pour laver les tiges.

L'eau de lessive se fait indifféremment avec des cendres ou avec une très-faible dissolution de soude ou de potasse du commerce; elle peut servir tant qu'elle conserve une saveur urineuse. Quand, dans le cours des opérations, le bain acidulé a diminué de volume, de manière à ce qu'on ne puisse plus facilement y immerger les bottes de chanvre, on ajoute dans l'auge une nouvelle quantité de liqueur préparée, et suffisante pour que l'immersion puisse toujours avoir lieu convenablement. On peut prendre indistinctement pour les opérations du rouissage les eaux de pluie, de fontaine, de puits ou de mare, quand même elles seraient troubles.

Il est bon de placer sous les piles de chanvre des morceaux de bois de manière à éviter le contact des bottes avec l'humidité du sol. Le rouissage terminé, on fait sécher et on macque par les moyens ordinaires.

Macquage ou *broyage*. — L'opération qui consiste à briser le brin pour le séparer de ses fibres, s'appelle macquer, broyer ou tiller, et l'instrument dont on se sert pour cela porte le nom de macque ou de broie.

Afin de donner au brin un plus grand degré de fragilité et de le rendre par là plus facile à se séparer de ses filaments, le lin doit être mis à sécher au soleil, ou, ce qui est encore mieux, dans une étuve, si l'on se trouve vers la fin de l'année. C'est pourquoi il y a souvent une de ces étuves réunie aux fours des boulangers en Allemagne et dans les autres contrées où l'on cultive le lin. La température de ces étuves ne doit jamais dépasser 48 degrés. Une chaleur plus élevée rend le lin cassant, facile à se mettre en charpie, et lui fait produire beaucoup d'étoupes. Avant de soumettre le lin à l'action de la broie, on doit en bien égaliser les tiges, les mettre bien parallèles entre elles, ce qui se fait à la main; et tout ce qui se trouve entremêlé doit être redressé avec un peigne grossier.

La broie est un instrument construit presque partout de la même manière; elle se compose de deux parties principales : du châssis ou fourreau, et d'une mâchoire mobile. Dans les broies les plus simples, le châssis est une pièce de bois divisée par le milieu dans le sens de sa longueur, et supportée par des montants. La mâchoire est aussi en bois dur; elle est façonnée dans sa partie inférieure sous forme de tranchant, et elle tourne autour d'un axe de rotation. On la saisit par le manche, et on la fait mouvoir de bas en haut. Lorsqu'elle descend, elle entre dans la fente du châssis, et elle y brise la chènevotte de lin qu'on y a placée transversalement, et dont elle disperse les débris.

Il y a des broies qui sont pourvues d'une double fente ou d'un triple rang de longues dents ou mâchoires fixes, et de deux mâchoires mobiles; elles offrent plus d'avantage que les broies simples. Toute cette machine est construite en bois dur, ordinairement en bois de hêtre rouge. Deux planches forment les deux jambages de l'appareil et sont emmortaisées dans un bloc assez lourd pour donner de la stabilité à l'instrument. Deux traverses assujettissent solidement ensemble les deux jambages. Le châssis consiste en trois planches minces qui sont placées de champ, et sont fixées par leurs extrémités dans les jambages. La mâchoire est une pièce de bois cannelée de manière à présenter la forme d'une fourche et à embrasser la pièce du milieu du châssis; elle a pour centre de mouvement une cheville de bois. Sur le devant se trouve le manche, que l'ouvrier saisit de sa main droite; les joues tant du châssis que de la mâchoire sont affilées jusqu'à leur extrémité antérieure. Toutefois les taillants ne doivent pas être trop aigus, afin de ne pas endommager le lin, et, pour la même raison, la mâchoire ne doit pas pénétrer trop avant dans les joues du châssis.

Des broies ainsi faites sont pénibles à manier, et souvent elles arrachent les filaments et les mettent en étoupes. L'ouvrier ou plutôt l'ouvrière, car c'est généralement une femme, quand elle est occupée à ce travail, saisit de la main gauche une poignée de lin; elle la place transversalement sur le châssis, et la frappe vivement à coups répétés avec la mâchoire, en passant continuellement de nouvelles portions de sa poignée de lin sous la machine. Elle commence du côté des racines, elle retourne immédiatement les bouts, et elle continue selon la longueur des tiges. Le lin passe très-souvent deux fois sous la broie, et on le fait sécher à l'étuve entre les deux opérations.

Les machines à broyer sont un moyen de nettoyer le lin de beaucoup préférable aux instruments à la main dont nous avons parlé. La partie essentielle d'une pareille machine consiste en cylindres en bois ou en fer cannelés profondément, dont les saillies de l'un entrent dans les creux de l'autre. Ces cannelures étalent entre elles les filaments du lin, et en brisent le brin sans faire supporter à la fibre ces efforts qu'on est exposé à lui faire subir avec les broies à la main. On peut regarder comme une des meilleures machines qui aient été inventées, celle employée en Angleterre jusqu'à présent pour le broyage du lin.

Voici les avantages qu'on fait valoir en faveur de l'emploi de cette machine : Elle exige peu de place; elle est d'une simplicité telle, qu'elle peut être construite facilement et à bon marché; elle n'exige pas plus de force pour la faire fonctionner qu'une broie ordinaire à la main; elle n'arrache aucun filament et n'écrase autre chose que la chènevotte, par la raison que les cannelures de cylindres pénètrent beaucoup moins profondément l'une dans l'autre que les mâchoires. Elle prévient toute espèce d'embrouillement de la filasse, d'où il résulte que, quand ensuite on la sérance, il y a moins de fibres courtes et moins d'étoupes. Elle permet de nettoyer le lin, même le plus court, ce qui ne peut jamais se faire convenablement avec les broies à la main.

L'écrasement de la chènevotte, qui est l'objet du macquage, peut toutefois se faire aussi par le battage, quoique par ce procédé la séparation du ligneux et des fibres textiles s'opère d'une manière beaucoup moins complète. En Angleterre, au lieu de broyer à la macque, il est d'usage d'employer un maillet de bois et une pierre unie, entre lesquels on place le lin. Dans la Belgique, où le travail du lin a été un objet d'étude, on n'emploie pas non plus la macque, mais on bat le lin avec une espèce de battoir appelé *bott-hammer* (marteau à battre), qui donne au lin, dit-on, une qualité supérieure.

Le bott-hammer est un bloc de bois offrant à sa surface inférieure des cannelures de 0^m, 01 à 0^m, 012 de profondeur; il est fixé à un long manche en bois courbé. Quand on veut en faire usage, on étale par terre également une botte de tiges de lin sèches; on la bat fortement avec le battoir, en commençant par les racines, puis frappant sur les extrémités opposées, et en finissant par le milieu. Lorsque la surface supérieure de la botte a été ainsi bien battue, on la retourne sens dessus dessous, et on en fait autant de ce côté; on relève alors le lin et on le secoue fortement pour le débarrasser de ses parties ligneuses.

Que l'on opère avec la broie ou avec le battoir, ces parties ligneuses ne se séparent jamais entièrement des fibres textiles; il y reste toujours adhérents des brins de paille qu'il faut en séparer par une autre opération. Celle-ci consiste soit à racler, soit à espader la filasse. Le raclage est fort employé en Westphalie et dans les districts voisins. Dans ce procédé, l'ouvrière place sur un de ses genoux le battoir destiné à cet usage, lequel repose sur un morceau de cuir de 0^m, 30 carré, puis elle saisit de la main gauche, par le milieu, une poignée de lin, qu'elle ratisse fortement avec la racloire, espèce de couteau qu'elle tient de la main droite. Cet

instrument, qui consiste en une lame de fer garnie d'un manche de bois, et dont le taillant est obtus et un peu recourbé, nettoie et divise admirablement les brins sans occasionner le moindre déchet inutile, pourvu que la chénevotte ait été également bien brisée.

L'opération qui consiste à espader la filasse, a le même but que le râclage; elle est même beaucoup plus généralement adoptée que ce dernier. Deux pièces bien distinctes en constituent l'appareil : ce sont le support ou chevalet, et l'espade. Le premier consiste en une planche debout, avec une large entaille sur le côté, dans laquelle on passe une poignée de filasse, de manière à la tenir suspendue sur la moitié de la surface antérieure de la planche; tandis que de la main gauche on tient la poignée de filasse fermement fixée par le haut, la main droite tient l'espade, espèce de sabre de bois de 0m 40 à 0m 60 de long, dont le bord convexe est aminci sous forme taillante, et qui est garnie d'une poignée. Avec cet instrument, on frappe sur la filasse parallèlement à la surface du support, en donnant des coups verticalement, de manière à râcler et à enlever toutes les aspérités ligneuses. La largeur de l'espade est un point important de sa construction; si elle est trop étroite, elle est cause que le lin s'entortille autour d'elle; et alors une partie des fibres se trouvent arrachées. On a trouvé que la largeur la plus convenable à lui donner était celle de 0m 20 à 0m 25. Des espades en fer ne pourraient servir à cet emploi; elles briseraient les filaments.

Le râclage et l'espadage enlèvent la plus grossière étoupe, en séparant et en abattant les fibres les plus courtes et celles qui viennent à se casser. Cette étoupe sert à faire les sacs de qualité inférieure, car elle est mêlée avec beaucoup de fibres ligneuses.

Nous pouvons admettre, en général, que 100 kilog. de tiges de lin rouies et séchées, rendent de 45 à 48 kilogrammes de lin broyé lesquels, après l'espadage ou un léger taillage, donnent à peu près 24 kilog. de lin et 9 ou 10 kilog. de brins d'étoupes; tout le reste n'est que paille et débris.

Le broyage de 100 kilog. de tiges par la routine ordinaire d'un double broie à la main, exige environ 40 heures, et avec la machine que nous avons décrite, il faut de 30 à 36 heures pour tailler 100 kilog. de lin broyé et nettoyé; il ne faut pas moins de 260 heures de travail d'après la manière d'espader des Allemands.

M. Bundry a obtenu, en 1819, un brevet pour une espèce de machine propreà broyer et à préparer le lin. Lorsque le lin a été broyé et convenablement préparé par la machine, on doit la rassembler par petits paquets d'environ 30 grammes qu'on lie par le milieu, sans trop serrer l'attache; on le met ainsi dans les baquets et on le laisse tremper dans l'eau froide pendant un jour ou deux; alors on fait passer séparément chaque paquet mouillé sous une machine construite précisément comme celle que nous venons de décrire; excepté seulement que les rouleaux en sont cylindriques et faits entièrement de bois avec des axes en métal. Les cannelures sont ici parallèles.

On a pu voir, à la dernière exposition deux autres machines à broyer, très-simples et basées sur des principes très-rationnels. La première et la plus ancienne était une machine à tiller de Hoffmann, construite par M. Decoster. La seconde est une machine plus nouvelle, inventée en Belgique, importée en France par M. Mertens, et construite par MM. Chapelle et Montgolfier. Cette machine, d'après son auteur, peut tiller de 80 à 100 kilog. de lin brut, avec la force de deux hommes, en douze heures de travail; son rendement est également de 20 à 25 0/0 de lin ou de chanvre tillé.

Préparations manufacturières. — Si l'on se rappelle les propriétés naturelles du coton et du lin, et si l'on compare les états différents dans lesquels ces matières arrivent aux usines, on appréciera facilement les motifs qui ont fait adopter des préparations spéciales à chacune d'elles. Rappelons-nous, en effet, que le coton présente un brin tout formé, assez court, tortillé et d'une douceur extrême, et qui arrive aux établissements à peine nettoyé. Le lin et le chanvre, au contraire, présentent des brins toujours très-droits, d'une longueur plus considérable, dont il faut former et assouplir les filaments.

Le but principal des préparations du lin et du chanvre consiste à séparer les brins pour former des filaments, à les adoucir, à les rendre aussi flexibles que possible en les rangeant parallèlement entre eux. Les opérations analogues à celle du battage du coton deviennent par conséquent inutiles, et le cardage, si nécessaire et si convenable pour redresser et diviser les brins si courts du coton, n'aurait plus de but et serait inapplicable à des matières formées de brins d'une certaine longueur. Il a donc fallu avoir recours à des moyens nouveaux pour arriver à des préparations convenables. L'opération du peignage, que nous allons décrire, en forme le travail essentiel et le premier dont l'ouvrier ait à s'occuper lorsqu'il s'agit du lin.

Dans les préparations du chanvre, on fait précéder le peignage d'un traitement que nous devons indiquer en quelques mots, afin de n'avoir plus à revenir sur le chanvre et de pouvoir confondre son travail avec celui du lin. Le chanvre étant sensiblement plus long et surtout bien moins souple encore que le lin, a besoin, pour être travaillé par les mêmes machines que celui-ci, d'être diminué de longueur et d'être assoupli.

Coupage du chanvre. — Le coupage du chanvre, pour le diminuer de longueur, se fait de manière à le diviser en trois parties. On sépare le milieu des deux extrémités, et on obtient par conséquent des mèches de qualité différente, à cause de l'épaisseur variable de la tige sur la longueur; on coupe

quelquefois aussi le lin, mais ce n'est que lorsqu'il est d'une grande hauteur. On y a presque généralement renoncé pour les lins ordinaires.

Le coupage doit se faire de manière à ne pas présenter une coupure carrée, c'est-à-dire ayant une section perpendiculaire à la longueur des filaments; il faut au contraire que la division se fasse plutôt par arrachement, afin que lors de la suture des brins les uns aux autres qui aura lieu ultérieurement pour former les rubans, les jonctions ne soient pas sensibles par leur épaisseur.

M. Decoster a construit une roue à couper qui produit la coupure dans les conditions que nous venons d'indiquer.

Afin d'assouplir le chanvre, on en forme des tresses qu'on entasse les unes sur les autres dans une auge, puis on les bat dans tous les sens avec une espèce de pilon; ce froissement des filaments les uns contre les autres les assouplit. M. Decoster avait cherché à remplir ce moyen par une espèce de machine à broyer qui donnait de bons résultats d'abord, mais qui demandait tant de réparations, qu'il nous a déclaré qu'il y renonçait.

Une fois le chanvre coupé et assoupli, il rentre dans les conditions du lin, et tout ce que nous allons dire du travail de cette matière lui sera par conséquent applicable.

Peignage. — Lorsque le lin arrive aux ateliers, il est loin d'avoir tous les filaments élémentaires de ses brins complétement détachés, d'avoir la souplesse et la douceur au toucher qui facilite leur glissement les uns sur les autres. Le peignage est l'opération qui a pour but de diviser les brins autant que faire se peut, sans briser les filaments; de les assouplir sans les fatiguer, de les détacher parfaitement les uns des autres, afin de faciliter leur glissement au contact et de les ranger aussi parallèlement que possible. Pour arriver à ces résultats, on fait passer à plusieurs reprises la mèche à peigner sur des dents métalliques plus ou moins fines ou plus ou moins rapprochées entre elles; ces dents sont fixées sur une pièce ou semelle; elles doivent être d'autant plus serrées et plus fines, que la matière à peigner est plus fine ou que l'opération est plus avancée. Il y a donc nécessité, pour que l'outil soit bon de pouvoir changer les dents et de les rapprocher au besoin. Ce peignage, comme l'on voit, ressemble en quelque sorte à celui d'une chevelure dans laquelle on a également pour but de démêler, d'adoucir et de ranger les cheveux; mais, pour le travail qui nous occupe, il s'agit de prendre en considération, en outre, les conditions manufacturières, qui consistent à produire bien, beaucoup, et à bas prix. Nous allons voir jusqu'à quel point ces conditions ont été remplies dans l'état actuel des choses.

Quoique l'on ait inventé plusieurs machines à peigner à la mécanique depuis que M. Philippe de Girard a le premier présenté sa peigneuse, si habilement conçue, on n'est cependant pas encore parvenu à peigner le lin complétement à la mécanique et sans le secours des peignes à la main; dans plusieurs établissements de médiocre importance, l'opération du peignage se fait même encore exclusivement par des hommes.

Peignage à la main. — Le peigne dont on se sert pour le travail à la main est formé d'une pièce de bois triangulaire à laquelle s'adapte une pièce métallique dans laquelle sont fixées des aiguilles en acier trempé, plus ou moins fines, plus ou moins rapprochées entre elles, suivant la qualité de la matière à traiter. Ce peigne est fixé d'une manière invariable au mur, à une hauteur convenable du sol, 0 m 75 c., environ, de manière à faciliter le travail à l'ouvrier, qui doit avoir à sa disposition une série de quatre à cinq peignes de rechange, dont les dents doivent aller graduellement en se serrant et en augmentant de finesse. L'ouvrier exécute l'opération en faisant passer une mèche de lin ou une poignée d'environ 0 k 12, à 0k15, sur les dents; un certain nombre de fois suffisant pour produire complétement l'effet qu'on se propose et que nous avons décrit plus haut.

On conçoit qu'il est nécessaire que l'ouvrier retourne la mèche pendant le travail de manière à peigner également les deux extrémités de celle qu'il tient à la main aussi bien que celle qui flotte; et que vers la fin, la partie qu'il est obligé de tenir dans la main doit être le moins serrée possible, afin que les fibres ne soient pas trop combinées et que la mèche se présente carrément et non en pointe. Et pour que ces filaments ne soient pas brisés ni affaiblis au peignage, l'ouvrier a bien soin de piquer et de repiquer la mèche perpendiculairement à ses fibres, et à la faire marcher successivement de l'extrémité libre à celle qu'il tient en main, de manière à les fendre seulement et à les séparer suivant la direction de leur adhérence sans effort nuisible.

Le travail du peignage fait subir un déchet assez considérable au lin. Ce déchet est de deux sortes : celui qui provient des corps étrangers et ordures que la matière filamenteuse contenait encore, et qui constitue une perte réelle; et celui qui provient de brins très-courts, mêlés en tous sens entre eux et qui restent engagés dans les pieds des dents. C'est cette dernière partie qui constitue les étoupes, tandis que la partie de la mèche qui se trouve peignée dans sa largeur forme les longs brins. Les étoupes sont employées à peu près aux mêmes usages que les longs brins, si ce n'est pour former des produits plus communs que ceux que l'on retire des longs brins qui les ont fournies. Mais tandis que les longs brins sont peignés comme nous venons de l'indiquer, les étoupes sont soumises à un cardage sur des cardes analogues, sauf quelques modifications, à celles employées pour

le travail de la laine que nous avons décrit à l'art. LAINE.

La quantité d'étoupes retirée du lin peut varier de 30 à 40 p. 0/0, suivant la nature des lins, et suivant que l'on a poussé le peignage plus ou moins loin. La poussière et l'évaporation peuvent être estimées de 2 à 4 p. 0/0. A mesure que l'ouvrier forme des étoupes pendant son travail, il les retire du peigne et les dépose à côté de lui, sur une place réservée d'un banc disposé à cet effet, et dont la partie antérieure est destinée aux longs brins. Il dépose successivement des mèches jusqu'à ce qu'il en ait une quantité suffisante pour former un paquet d'environ 10 kilog.

Il est bien entendu que, dans un atelier de peignage, les choses sont disposées suivant les quantités que l'on veut produire, par conséquent le nombre d'ouvriers à employer. Les peignes et les bancs de service sont adaptés de manière à être convenablement éclairés et à laisser un espace suffisant entre eux pour le service.

On serait loin de se douter, par le simple énoncé théorique des conditions qu'un bon peignage doit remplir, des difficultés nombreuses que l'on a rencontrées lorsqu'on a voulu substituer le peignage mécanique à celui exécuté à la main. On se rendra mieux compte de ces difficultés et des complications que présente cette opération mécanique en la voyant exécuter et en remarquant que l'ouvrier habile possède un certain tour de main pour présenter la gerbe de lin épanouie, et par conséquent aussi mince que possible, à l'action des aiguilles pour la piquer et fendre seulement les brins, sans prolonger leur action d'une manière continue sur toute leur longueur, ce qui augmenterait les étoupes sans améliorer le travail. Que pour retirer cette gerbe des aiguilles du peigne il emploie plus ou moins de force selon que la mèche est plus ou moins fortement engagée; mais il n'exerce en tous cas que l'effort nécessaire pour gager le brin sans le rompre. Qu'il dégage les étoupes avec le plus grand soin pour les conserver légères et maniables, afin de faciliter également leur préparation. Si à ces conditions on ajoute la nécessité de faire varier la finesse et le rapprochement des aiguilles, de ne pas affaiblir les filaments, de tirer le plus possible de longs brins d'une quantité donnée de lin, de débarrasser facilement la machine de ses étoupes sans la détériorer à mesure qu'elles se produisent, et enfin de réaliser ce travail à bon marché, on s'étonnera moins que le problème pratique du peignage ne soit pas complétement résolu encore.

Parmi les nombreuses machines à peigner proposées, nous allons en décrire quelques-unes des plus anciennes et des plus remarquables, et au moyen desquelles il sera très-facile de se rendre compte de toutes les autres.

Au premier rang vient naturellement se placer l'ingénieuse machine de M. Philippe de Girard; ce rang lui est dû autant par sa simplicité, ses qualités, que par son ancienneté, quoique cependant elle ne soit pas parfaite encore, malgré les modifications ingénieuses que M. Decoster y a introduites. C'est la machine ainsi modifiée que nous allons décrire.

Peigneuse de Girard. — Des montants verticaux forment les côtés de la machine; ils sont assujettis ensemble par des traverses longitudinales consolidées par des tenons. Les pointes ou aiguilles du peigne ou séran qui doivent agir sur le lin sont montées sur des châssis, et les bouts de filasse maintenus par des pinces ou mordaches, sont ainsi suspendus à la barre qui leur sert d'appui et de guide à travers la machine.

Afin de rendre évidents les principes de cet appareil et son mode d'action, il est peut-être nécessaire d'exposer sous une forme abstraite la manière dont les peignes sont amenés pendant l'opération sur la filasse.

Supposons deux séries de peignes ou de pointes montées sur des châssis. Chaque châssis étant rendu mobile au moyen de deux manivelles disposées de manière à ce qu'elles tournent toutes deux avec la même vitesse dans des directions opposées; il est évident que chaque partie de châssis et des peignes décriront des cercles correspondants à ceux décrits par les manivelles, les aiguilles marchant en décrivant des cercles dans la même direction. Durant ce mouvement, tandis que les manivelles descendent le premier quart de révolution, les châssis se rapprochent et se pénètrent; ils commencent ensuite à se séparer en décrivant le deuxième quart de révolution, en continuant ainsi à tourner, ils s'éloignent l'un de l'autre en décrivant le premier quart de cercle ascendant, et ils arrivent ainsi dans la position où ils sont l'un de l'autre, à la plus grande distance possible; ils décrivent enfin le deuxième quart de cercle ascendant et reprennent leur troisième position. Si donc il y a une mèche de filasse suspendue entre les deux châssis garnis de pointes, et si l'on continue le mouvement de rotation pendant un temps suffisamment long, le lin se trouve peigné dans toute la longueur qui aura été soumise à l'action des aiguilles, quoique chaque aiguille considérée séparément n'ait agi que dans un petit espace. Pour diminuer la quantité de longs brins que les étoupes produites par cette peigneuse entraînent avec elles, on y a apporté les modifications suivantes: l'appareil consiste en deux séries de peignes fixées à deux châssis mobiles. Chaque châssis est formé de montants verticaux portant des branches latérales garnies de dents de peignes; ces branches ou bras sont parallèles et à égale distance les uns des autres, mais ils sont fixés à chaque châssis de manière à occuper les espaces intermédiaires, quand les châssis sont réunis l'un à l'autre. Les châssis sont mis en mouvement au moyen de manivelles tournantes qui y sont adaptées, et, lorsque les manivelles tournent sur leurs axes, les bras de l'un des montants passent entre ceux de l'autre sans se toucher; cela constitue ce

qu'on appelle une monture de peignes. Mais dans une machine perfectionnée, il y a deux systèmes semblables, les pointes de l'une s'y trouvant opposées à celles de l'autre.

Voici la manière dont les séries de pointes, qui constituent une machine, agissent sur le lin. Lorsque les manivelles tournent, les montants changent de position, et c'est alors que les pointes ou les peignes de l'un d'eux commencent à pénétrer dans le lin, et qu'en descendant ces pointes peignent ou divisent les fibres. Le mouvement de rotation des manivelles continuant, les deux montants changent de position; les pointes du premier montant se retirent de la filasse, tandis que celles du deuxième montant s'en rapprochent et poussent les fibres en dehors des premiers pour qu'elles soient peignées par l'effet du mouvement descendant des pointes. On voit par là qu'à mesure que les peignes du châssis s'avancent chacun à son tour, ils passent en dehors l'un de l'autre la totalité de la filasse, et rendent impossible l'entraînement et l'embrouillement des filaments, puisque chaque montant, en s'avançant, nettoie de toutes les fibres qui ont pu s'y attacher les pointes du montant qui vient d'agir.

Toutefois, une simple monture de peignes semblables n'agissant que d'un seul côté de la filasse, n'opérerait qu'imparfaitement la division des fibres; il est donc nécessaire, pour atteindre le but d'une manière plus efficace, d'employer deux montants et de les placer à l'opposé l'un de l'autre, de chaque côté de la filasse. Les manivelles des deux montants opposés sont liées l'une à l'autre au moyen de deux roues dentées, ou bien par quatres roues dentées qui permettent aux peignes d'agir en même temps, les deux montants se trouvant en sens contraire, mais avec des vitesses égales, et la filasse se trouvant par ce moyen peignée ou sérancée de la manière qui a été indiquée.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que deux montants garnis de pointes, et constituant une double monture opérant de chaque côté de la bande de filasse interposée. Mais, si l'on veut produire une plus grande quantité d'ouvrage, on peut établir dans la même machine plusieurs montures semblables, travaillant l'une à côté de l'autre, et s'étendant dans le sens de la largeur de la machine. Les peignes peuvent alors être placés sur trois châssis, dont celui du milieu peut avoir ses branches ou ses bras s'étendant de chaque côté, tandis que les bras des deux autres châssis viendraient seuls pénétrer dans les intervalles de ce châssis intermédiaire, ou mettre en mouvement un système de peignes ainsi disposés; il faut que les montures soient reliées entre elles par de triples manivelles. Tel est le principe sur lequel repose la machine à peigner perfectionnée, que nous allons essayer de décrire en examinant chaque construction séparément. La machine ou l'appareil a quatre séries de peignes, dont deux opèrent sur le lin par devant et deux par derrière: soit les deux séries de devant, et les deux séries placées en arrière; soit encore des poignées auxquelles sont suspendues les bandes de filasse, préalablement espadées. Ces poignées sont accrochées à la barre qui leur sert d'appui et de guide. Les montants des peignes sont fixés en haut et en bas à des *hirondelles* qui sont toutes en communication au moyen de roues dentées, et mises en mouvement par la courroie d'une roue conductrice.

Les peignes une fois mis en action de la manière que nous avons décrite, opèrent sur les bandes de filasse suspendues au milieu d'eux, et en divisent les fibres. Ainsi que nous l'avons dit, ces bandes de filasse sont progressivement conduites à travers la machine au moyen des crampons qui les tiennent suspendues, et qui glissent sur leur guide par l'action de la chaîne sans fin, à laquelle les crampons sont séparément attachés au moyen d'un crochet qui s'implante dans un des chaînons.

La chaîne est conduite par une roue à cannes, tournant sur l'axe d'une roue d'angle, à laquelle on imprime un mouvement lent de rotation au moyen d'un pignon d'angle placé sur l'axe d'une roue semblable, mise en mouvement à son tour par un autre pignon fixé à l'extrémité de l'axe de la manivelle supérieure. Par ce moyen, les crampons garnis de filasse et placés sur le bord de la barre qui leur sert de guide sont conduits lentement à travers la machine, où le lin se trouve graduellement soumis, d'abord à l'action des aiguilles d'un peigne grossier, placées à distance les unes des autres, et finalement à celle de pointes plus fines et plus rapprochées entre elles; ensuite chaque crampon et la filasse qu'il porte sont retirés de la machine, à l'extrémité opposée de la barre sur laquelle il a glissé pendant l'opération.

Mais, si l'ouvrier néglige d'enlever la pince arrivée à l'extrémité de la barre, la machine s'arrête au moyen d'un levier articulé et fourchu à son extrémité, lequel pousse la courroie et la fait passer de la poulie conductrice fixe sur une autre qui est libre, et porte ainsi en dehors de la machine l'action de la force motrice.

A mesure que les peignes, en agissant sur le lin pour en diviser les filaments en déchirant les fibres, en réduisent une partie en étoupe, celle-ci est séparée de la filière pendant le mouvement descendant du pignon, et elle est déposée entre deux rouleaux sans fin. Ces rouleaux la conduisent à un grand tambour placé par dessous, autour duquel elle s'enroule en deux lames sans fin, l'une d'étoupe grossière, l'autre d'étoupe fine, leur adhérence étant favorisée par un rouleau presseur; et, lorsqu'une certaine quantité de cette étoupe se trouve accumulée autour de la périphérie du tambour, on l'en retire en la coupant par bandes. Les rouleaux cannelés, ainsi que le grand tambour, sont mis en mouvement au

moyen de courroies. Lorsque chaque bande de filasse a été ainsi conduite à travers la machine à peigner, on ouvre les mâchoires des mordaches, on change les bouts de la filasse et on introduit de nouveau celle-ci entre les mâchoires de l'instrument, de manière que l'extrémité de la bande qui n'a pas été soumise à l'action de la machine le soit à son tour de la même façon. Afin d'empêcher une partie quelconque du lin de s'attacher aux branches des châssis mobiles, chacun de ceux-ci est garni d'un bouclier ou plaque de fer poli ou de cuivre, qui recouvre une partie des peignes ainsi que les têtes des vis qui tiennent ceux-ci fixés aux branches. Comme la plaque de métal est courbée en forme de bouclier, elle glisse sur les branches des châssis qui portent les peignes, et elle est suffisamment élastique pour y produire une forte pression. Mais il faut faire observer que les bords des boucliers doivent varier suivant la position dans laquelle on doit les placer. Ceux qui doivent garantir les branches supérieures des peignes ne doivent s'avancer que fort peu, de manière à ne pas recouvrir les pointes et à les laisser libres de pénétrer dans la filasse. Mais les boucliers des peignes inférieurs doivent se projeter considérablement vers les pointes, afin de les empêcher de pénétrer trop avant dans les filaments, ce qui a pour but de faciliter la chute de l'étoupe, laquelle autrement ne serait retirée que difficilement des peignes si elle était poussée trop avant vers la base de leurs dents. Comme il est avantageux que chaque bande de filasse soit peignée à son extrémité inférieure avant de l'être vers le milieu de sa longueur, il est nécessaire, pour produire cet effet d'enlever quelques-unes des dents des peignes qui sont adaptés aux branches supérieures. Par ce moyen, l'action des peignes sur le lin commence et se continue par degrés, et se termine de la même manière à l'autre extrémité de la machine, ce qui est très-avantageux en ce que cela permet de nettoyer complétement le lin de son étoupe. On a d'ailleurs pour habitude, comme nous l'avons dit en commençant, de procéder au peignage mécanique par une préparation de sérançage à la main qui consiste à démêler grossièrement la matière filamenteuse, à l'ébaucher, pour continuer le travail à la machine; et, lorsque celle-ci rend la mèche travaillée, la partie qui a été saisie la dernière par la peigneuse mécanique a été comprimée, et a par conséquent également besoin d'être retouchée à la main; c'est ce dernier coup de main qu'on désigne sous le nom d'affinage.

Peigneuses Worts-Woud. — Quoique assez différente dans sa disposition générale avec la peigneuse Girard, la machine de Worts-Woud est établie sur des principes à peu près semblables.

Etalage. — Pour transformer le long brin en ruban, il faut avoir recours à une machine spéciale qu'on nomme *machine à étaler*. Elle se compose de deux rangs de peignes placés à côté l'un de l'autre. On place le lin dans des guides en tôle, où on l'engage une poignée après l'autre, de manière que les bouts de la deuxième poignée correspondent seulement au milieu de la première, ce qui permet d'obtenir une épaisseur de ruban toujours uniforme. Cette manière de procéder est nécessaire, puisque, comme chacun sait, les poignées de lin peigné sont toujours épaisses vers le milieu et minces aux extrémités. Le lin étant introduit entre deux rouleaux est attiré par l'effet de leur mouvement, et il est en même temps subdivisé par l'action des peignes, entre les dents desquels les pinnules d'un troisième rouleau le pressent et le font pénétrer. Arrivé aux rouleaux inférieurs, il est détaché des peignes par des tiges transversales, qui se soulèvent au moyen des ressorts, et là il est saisi de nouveau par une nouvelle paire de rouleaux, qui l'entraînent avec eux. Arrivé un peu au delà de ces rouleaux, il passe au travers d'un entonnoir, afin de rapprocher les filaments les uns des autres. En avant de ces mêmes rouleaux, les rubans des deux rangs de peignes se réunissent et ne forment plus qu'un seul ruban, qui passe au travers de l'entonnoir de cuivre poli placé en ce point.

Des rouleaux, que nous nommerons *m*, *n*, étendent le ruban, en le comprimant légèrement, et le laissent ensuite tomber, dans un pot de fer-blanc. La réunion des deux rubans partiels contribue à rendre le ruban total plus uniforme, puisque par là les irrégularités de l'épaisseur se trouvent compensées.

Le diamètre de tous ces différents rouleaux, ainsi que leur vitesse relative, sont calculés de manière que le ruban n'est étiré ni pendant son passage sur le peigne, ni dans l'intervalle qui le sépare d'une paire de rouleaux à un autre; c'est seulement en passant des peignes entre les premiers rouleaux. Dans cette machine, les dents des peignes ne sont point placées perpendiculairement; mais elles sont courbées un peu en arrière, de manière à retenir le lin avec plus de sûreté.

Une brosse cylindrique tournante est placée au-dessus et un peu en avant du rouleau de pression, afin de lui enlever tous les filaments qui sont restés adhérents à sa circonférence et de les rejeter en avant, où ils puissent être encore réunis aux rubans qui circulent.

Des perfectionnements apportés par M. Wordsworth à la machine destinée à préparer, à étirer et à disposer régulièrement et parallèlement les filaments de lin et de chanvre, ceux de la laine et de toutes les autres matières fibreuses, consistent dans un nouveau mécanisme fait pour être adapté à la machine généralement connue sous le nom de *Gill*, et permettant de dégager la filasse lorsque ce mécanisme a produit son effet, sans qu'elle puisse entraîner des filaments avec elle.

Filage en gros ou dernière préparation. — Lorsque les rubans formés par les machines à étaler et les machines à étirer sont arrivés à une certaine finesse, qui n'est cependant pas la limite encore qu'il faut atteindre, et qu'ils deviennent trop minces pour pouvoir continuer l'étirage sans le rompre, et trop longs pour les recevoir dans les pots sans les mêler et causer du déchet, il faut leur imprimer un léger degré de torsion pour augmenter leur cohésion et la résistance de l'étirage, et remplacer les pots par des bobines, autour desquelles ils viennent s'enrouler aussi uniformément que possible. Les métiers dits bancs à broches sont destinés à cet effet.

On voit que la nature des opérations que nous avons décrites pour le lin, depuis le peignage jusqu'ici, sont identiques à celles employées dans les mêmes conditions pour le coton (*Voy.* ce mot); il n'y a de différence que dans les modifications apportées dans les machines.

Dans le travail du coton pour la formation, l'étirage et le doublage des rubans, les cylindres seuls, convenablement réunis, suffisent. Pour le lin, il faut, en outre de tous les éléments usités dans les machines à coton, les additions des peignes ou *Gill*, pour continuer l'étirage et maintenir le parallélisme des fibres entre les cylindres, qui doivent être beaucoup plus écartés à cause de la plus grande longueur des brins. La présence de ces peignes ou *Gill*, qui constitue la véritable innovation qui caractérise l'invention des machines à lin, est due également à Philippe de Girard. La même modification des peignes va se représenter pour le banc à broches, pour lequel il est indispensable d'avoir le jeu des peignes, pour ne pas rompre ou déformer le ruban. On voit par conséquent que le banc à broches, ici, ne diffère absolument des machines à étirer que par la substitution des bobines et broches aux pots dans lesquels tombaient les rubans précédemment. Le nombre de broches des bancs à broches pour le lin est bien moindre que celui des mêmes machines pour le coton, ce qui a permis de simplifier la communication de mouvement de la bobine, qui est si ingénieux, mais si compliqué dans les machines à coton.

L'enroulement uniforme du ruban sur toute la hauteur de la bobine, dans les machines à lin, a lieu par un mouvement de va-et-vient imprimé par un excentrique, par l'intermédiaire d'un levier, à une plaque sur laquelle repose la bobine qui reçoit le fil à la sortie de la broche, qui le tord par son mouvement de rotation. Le mouvement de rotation des broches leur est donné par un tambour qui porte la corde, qui embrasse la gorge d'une petite poulie ou noix que porte la broche.

La bobine porte à sa base une autre petite poulie autour de laquelle est enroulée une ficelle qui porte un petit poids qui sert à retarder le mouvement de la bobine à mesure que son diamètre augmente par l'enroulement du ruban, de façon à régulariser autant que possible le mouvement de la bobine. Le fil se trouve doublé ici comme cela a lieu au travail des bancs à broches pour le coton (1).

Les rubans enroulés sur les bobines sont portés aux métiers qui ont pour but de finir le fil. Ces métiers ne sont plus garnis de peignes pour guider le fil; le doublage n'a plus lieu. Ces machines portent spécialement le nom de *métiers à filer*.

Les métiers à filer le lin sont aujourd'hui de deux sortes : les *métiers à filer à sec* et les *métiers à eau chaude*. Les premiers servent spécialement à filer les fils communs et grossiers dont la finesse ne dépasse pas le n° 25 du titrage des fils de lin. Le métier à eau chaude sert aux fils qui dépassent le n° 25. Cette finesse est obtenue par l'eau chaude. On opérait naguère encore le filage à l'eau froide pour les numéros intermédiaires, mais on ne paraît pas avoir trouvé d'avantage par cette méthode; nous nous bornerons donc à la description des deux systèmes que nous venons d'indiquer.

Le filage, soit en gros, soit en fin, a lieu pour le lin sur des métiers qui, pour la disposition et les organes mécaniques, ont la plus grande analogie avec les métiers dits continus, employés dans certains cas pour filer le coton; la seule modification importante consiste dans l'emploi de l'eau chaude pour les fils de lin fins. Le fil passe dans une eau chauffée à une certaine température avant de s'enrouler sur la bobine. C'est encore à Philippe de Girard qu'est due la première idée de l'application de l'eau chaude pour pouvoir arriver au filage en fin Les causes qui ont motivé l'emploi de l'eau chaude se trouvent clairement indiquées dans la description du brevet d'invention pris par de Girard au mois de juillet 1810, et publié dans le *Recueil des brevets expirés*, tome XII, page 114. Nous ne saurions mieux faire que de laisser parler l'inventeur lui-même, en donnant l'extrait suivant de la description de son brevet :

« Les brins de lin ne sont qu'un assemblage de petites fibres collées l'une contre l'autre, se recouvrant mutuellement, et dont les plus longues n'ont guère que 9 à 10 centimètres de longueur, et la plupart beaucoup moins. La substance qui unit ces fibres peut être facilement enlevée par divers agents. L'eau pure la ramollit et la dissout avec le temps, surtout si l'air se joint à son action. Les lessives alcalines chaudes l'enlèvent presque constamment, il suffit même de plonger un brin de lin dans une parcelle de lessive pour le rendre divisible presque à l'infini. Si après cette opération on le tire par ses deux extrémités, on le sépare sans effort sensible en deux parties qui glissent l'une sur l'autre avant de le

(1) Lorsqu'on a besoin de bancs à broches avec un plus grand nombre de broches, on emploie les bancs à broches à mouvement différentiel décrits pour le coton. (*Voy.* ce mot.)

séparer et qui se termine en pointes très-effilées. En saisissant l'extrémité d'une de ces pointes et en tenant le reste du brin à 0m10 ou 0m12 de distance, on retire une fibre extrêmement fine, qui quelquefois peut se diviser encore de la même manière que le brin primitif. En continuant ces divisions, on obtient enfin des fils presque imperceptibles, qu'on ne peut plus diviser qu'en les cassant, et qui opposent une résistance beaucoup plus grande, qu'on ne l'avait attendue de leur ténuité. On s'aperçoit alors qu'on est arrivé aux fibres que l'on pourrait appeler élémentaires, et qui n'ont que 0m04 à 0m06 de longueur.

« La facilité avec laquelle les parties d'un même brin glissent les unes sur les autres avant de se séparer, leur ténuité extrême, et par conséquent leur multiplicité, offrent le moyen d'étirer, d'allonger presque indéfiniment un brin sans le casser, et à plus forte raison un assemblage de brins. La forme des fibres élémentaires paraît faciliter le succès de cette opération. Leurs extrémités effilées sont propres à rendre leur jonction convenable et à être retenues dans le fil tant par l'effet de l'entralacement que par celui de la torsion.

« Si l'on prend un fil quelconque, pourvu qu'il ait été lessivé, qu'on en détourne un bout de 0m10 à 0m12, qu'on essaie de le casser, il n'oppose qu'une très-petite résistance; si on le mouille, en répétant l'expérience, la résistance devient absolument nulle, ce qui prouve que celle qu'on éprouvait d'abord n'était qu'un frottement des fibres entrelacées et tortillées; l'humidité en les rassemblant les redresse et fait cesser cette résistance.

« Telle est la base sur laquelle repose le nouveau procédé. »

On voit toute la théorie sur laquelle le premier inventeur avait basé ses procédés, qu'il exécuta en conséquence, comme il est facile de s'en convaincre par les plans joints au même brevet. Depuis lors la filature fine du lin s'est constamment faite à la décomposition par l'emploi de l'eau chaude, mais la dépense de ce mode de filage, les inconvénients qu'il entraîne naturellement en ont fait limiter l'emploi aux numéros élevés. Le filage à sec s'est maintenu pour les numéros ordinaires; mais il est facile de se convaincre que ni l'un ni l'autre de ces deux modes de filage n'est arrivé à la perfection. Le filage en gros qui a lieu sur un ruban qui n'est plus soutenu par les peignes ni agglutiné par l'eau chaude se file irrégulièrement, parce que l'étirage se fait sur une distance trop éloignée sans être maintenue; comme les filaments ne sont qu'enchevêtrés, et se séparent facilement aux points les moins soutenus et par conséquent à ceux qui s'écartent le plus des points d'appui ou cylindres étireurs; aussi les produits fournis par ces métiers sont-ils très-imparfaits et loin de pouvoir rivaliser pour la force et la régularité avec les fils produits à la main. Quant aux fils produits par l'eau chaude, ils ont, il est vrai, un aspect plus régulier que ceux filés au rouet, mais ils sont en réalité moins résistants, et l'on n'est pas d'ailleurs parvenu encore à pousser leur finesse très-loin; tous les fils extra-fins pour la belle batiste et les dentelles se filent encore à la main et conservent un aspect brillant qu'il a été impossible jusqu'ici d'obtenir pour les fils à la mécanique.

Ces raisons d'imperfection du filage du lin par les machines, qui ne sont pas controversées, ont donné lieu à de nombreuses recherches et à bien des tentatives pour améliorer les procédés en usage; elles ont presque toutes échoué. Jusqu'ici une seule cependant vient de prendre naissance et paraît être appelée à un long et brillant avenir: nous voulons parler de l'importante modification apportée au filage à sec par MM. Decoster frères. Avant d'en faire la description, nous croyons devoir dire quelques mots des tentatives qui ont été faites en Angleterre, en 1835, par MM. Hope et Dewhurt, dans le but d'améliorer le filage. Leurs moyens étaient à la fois de nature chimique et mécanique. Le moyen chimique consiste à faire séjourner le lin dans une dissolution d'acide sulfurique d'une certaine force et pendant un certain temps proportionné à la qualité de la matière fibreuse; le lin le plus grossier exige une action plus intense. La matière gommeuse et l'écorce extérieure du lin se trouvent dissous par ce moyen, et se détachent facilement. On doit ensuite faire passer le lin entre des cylindres de compression, le rincer avec soin et le faire bouillir dans une dissolution de savon et d'eau pendant quelques heures, et finalement le faire passer de nouveau entre les cylindres. On doit répéter ces opérations jusqu'à ce que le lin ait acquis le lustre qu'on désire, et que les fibres se soient séparées les unes des autres. Ensuite on le bat et on le passe une fois ou deux sur un peigne ordinaire ou sur une brosse rude.

Une autre modification avait été proposée par M. Someskoy de Preston; elle consistait dans la macération de la mèche dans l'eau chaude avant le filage; les fonds des pots qui recevaient les rubans étaient adaptés à des boîtes percées comme des passoires; ces boîtes plongeaient dans des baquets d'eau chaude; à mesure que les rubans arrivaient des cylindres laminoirs, ils tombaient dans des boîtes où ils étaient tassés par une espèce de piston ou plongeur analogue à ceux employés pour le coton dans certaines filatures anglaises. Ces procédés n'ont jamais été employés en France, et nous ne pensons pas qu'on leur ait donné suite en Angleterre.

Voici maintenant le système proposé depuis quelque temps par M. Decoster, et dont nous avons vu des produits aussi remarquables par la solidité que par la régularité. Cette machine ne possède en réalité aucun élément que nous ne connaissions parfaitement déjà. Tout le mérite de ce système consiste dans son heureuse application

Cette machine possède en effet les cylindres étireurs et la broche que possèdent les autres systèmes ; toute la modification consiste dans l'établissement des peignes ou *gill* entre les cylindres délivreurs ou étireurs, pour maintenir régulièrement et parallèlement toutes les fibres de la mèche pendant son trajet entre les points d'étirage, leur distance peut être considérée comme ne dépassant pas celle entre deux peignes successifs. Le résultat immédiat de cette modification a permis de supprimer la préparation au banc à broches, et de soumettre de suite au filage les rubans provenant des têtes d'étirage. Outre les avantages de la perfection du fil, il doit donc aussi y avoir économie de force motrice, par la substitution de cette méthode aux précédentes.

M. Decoster ne produit jusqu'ici des métiers que pour la filature ordinaire et commune. Par ce nouveau système serait-il impossible d'en tirer davantage? Nous ne le pensons pas. Il est probable que M. Decoster y apportera de nouvelles modifications, tant dans le but d'arriver à filer des numéros plus élevés que pour pouvoir établir l'assortiment au meilleur marché possible.

Nous laissons aux personnes compétentes et intéressées dans la question le soin de s'édifier par elles-mêmes sur les avantages de ce perfectionnement, en examinant les machines et les résultats chez l'inventeur.

Nous avons dit en commençant cet article, que l'ancienne méthode de filature au rouet était sérieusement menacée par la filature mécanique. Ce fait pourrait paraître inexact, si l'on ne comparait que le nombre des broches mécaniques qui existent en France à la production des fils à la main. Mais il devient incontestable, si l'on prend en considération le développement progressif de notre filature mécanique, et surtout l'état de cette industrie à l'étranger, qui est tel, qu'elle peut lutter avec nos grands établissements, et, à plus forte raison, porter un grave préjudice au travail isolé des ouvriers de nos campagnes. Quelques chiffres statistiques vont prouver ce fait.

Il résulte d'un intéressant travail de M. Charles Schlumberger, publié dans le rapport du jury sur la dernière exposition, que le nombre des broches mécaniques en France a plus que doublé depuis 1839, qu'on en compte aujourd'hui 120,000, réparties ainsi qu'il suit :

41 filatures dans les départements du nord réunissant.	96,650	broches.
3 filatures dans les départements de l'est.	4,500	—
3 filatures dans les départements du midi	1,000	—
5 filatures dans les départements de l'ouest	9,250	—
3 filatures dans les départements du centre	5,600	—

Les chiffres statistiques indiquent d'un autre côté que nous cultivons annuellement :

158,300 hectares ensemencés en chanvre, qui donnent. .	65,315,000	kilogr.
90,200 hectares ensemencés en lin, qui donnent	34,820,000	—
Nous avons importé { chanvre. .	8,600,000	—
{ lin	3,840,000	—
	12,440,000	
Dont il faut déduire pour exportation	1,000,000	
Reste. . . .	11,440,000	
Ensemble . .	111,575,000	
On admet que la marine, la navigation intérieure et différents autres usages emploient à peu près.	40,000,000	
Reste à mettre en œuvre. . .	71,575,000	
Dont on peut déduire environ 2 p. °/₀ pour déchet de peignage et autres.		
Resterait donc à transformer en fil de long brin et d'étoupe.	57,260,000	
Nos filatures mécaniques, avec leurs 120,000 broches, produisent au minimum, en chanvre, lin et étoupe, environ	6,000,000	
Le surplus doit être filé à la main.	51,260,000	
Et nous importions en 1843 :		
En fils divers . . 7,629,900	10,395,900	
En toile . . . 2,766,000		
Consommation. . .	67,655,900	

Nos filatures mécaniques ne produisent donc encore que la onzième partie de notre consommation. Il est intéressant de voir comment ont varié les importations des fils et toiles depuis quelques années, et de connaître les sources de leur provenance, que vont nous indiquer les tableaux suivants.

FILS DIVERS.

Importations avec distinction des principaux pays de provenance

COMMERCE SPÉCIAL.

Pays de provenance.	1840.	1841.	1842	1843.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Angleterre.	,164,068	9,149,341	10,696,236	6,490,060
Belgique.	587,505	646,001	545,774	1,079,550
Autres pays.	94,850	122,460	68,708	60,380
Totaux.	6,846,423	9,917,802	11,310,718	7,629,990

TOILES.

Toiles écrues, blanches, mi-blanches, teintes et imprimées.

Années.	Angleterre.	Belgique.	Association allemande.	Autres pays.	Totaux.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1840.	913,095	2,313,934	119,315	187,610	3,763,354
1841.	1,030,682	3,184,126	118,945	145,952	4,679,705
1842.	1,822,257	2,543,696	100,382	129,977	4,496,212
1843.	349,131	2,083,365	53,583	48,338	2,766,000

On voit par la diminution des importations dans ces dernières années, que la protection accordée par le gouvernement n'a pas été inefficace. Le chiffre de ces importations, surtout en fil anglais et en toile belge, est encore considérable. Ce chiffre paraîtra d'autant plus élevé, que nul pays n'est en meilleure position que le nôtre pour la production de la matière première, et que nous sommes évidemment dans une situation plus favorable que l'Angleterre sous ce rapport, et cependant nos voisins d'outremer possèdent déjà plus d'un million de broches mécaniques, lorsque nous sommes à peine au dixième.

Nous savons qu'on ne manquera pas de faire valoir le bas prix de la force motrice anglaise; mais n'avons-nous pas encore une quantité considérable de chutes d'eau improductives dans les pays le plus convenablement situés, dont l'esprit d'association devrait s'emparer sans perte de temps; il réaliserait ainsi des bénéfices mérités que le régime protecteur actuel leur assure, fournirait un travail assuré à nos ouvriers de campagne, que la concurrence étrangère atteint directement, appellerait en même temps notre agriculture à participer aux bénéfices que présente une valeur d'une quarantaine de millions au moins que nous payons encore chaque année de gaieté de cœur à la concurrence étrangère.

Nous avons emprunté l'intéressant article que l'on vient de lire à M. Alcan, professeur à l'Ecole centrale des arts et manufactures. Nous ne pouvions assurément choisir un guide plus éclairé; c'est donc avec le plus vif regret que nous nous sommes vu forcé, par les limites qui nous sont imposées, de scinder son œuvre, et de la présenter incomplète. Nous renverrons les lecteurs qui désireraient avoir une connaissance exacte des machines que la science a construites pour l'usage de l'industrie linière au *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, où le beau travail de M. Alcan se trouve présenté en son entier.

Nous ne saurions terminer cet article sans consacrer quelques lignes à l'homme de génie auquel l'industrie doit tant, et auquel la France, qui accepte sa gloire, devrait davantage encore, s'il n'était pas écrit qu'en notre beau pays le lot des inventeurs devait être généralement l'ingratitude et l'oubli.

C'est à la plume amie de M. Emile Deschamps, que nous empruntons ce qui va suivre :

« Au mois de novembre 1849, le jour de la distribution des croix et médailles aux exposants, on voyait, dans un des encadrements qui décoraient la salle du Palais-de Justice, le nom de PHILIPPE DE GIRARD, avec cette inscription : « 1810, INVENTION DE LA « FILATURE MÉCANIQUE DU LIN. » Et M. Charles Dupin, président du jury, rappelait, dans un éloquent discours au président de la république, le million promis par l'Empereur Napoléon à l'inventeur d'une machine à filer le lin; l'admirable découverte de M. Philippe de Girard, dans les derniers temps de l'Empire; et sa mort survenue, en 1845, plus de trente ans après l'invention, mais avant qu'aucune récompense nationale lui eût été décernée !.... M. Philippe de Girard n'a laissé à sa famille d'autre héritage que son nom. — « C'est le vœu sacré du jury, ajouta M. Charles Dupin, que la patrie paye à cette famille sa dette d'honneur et de reconnaissance. » — Un vif mouvement d'approbation se manifesta dans l'auditoire; et l'orateur termina en constatant que la seule industrie des fils et tissus exportés compte, tous les ans, pour plus de soixante millions de francs dans la balance de notre commerce...

« Une grande mémoire invoque donc la justice reconnaissante de la France; un grand acte de réparation, hélas ! tardif, est demandé au gouvernement et à l'Assemblée législative.

« Il est du devoir de la presse d'apostiller avec chaleur une réclamation qui intéresse à la fois, les droits du génie, les sentiments et l'avenir d'une famille respectable, et l'honneur du pays. Il n'y a point de faible voix dans une cause si noble et si sainte; c'est pourquoi je parle aujourd'hui :

« Ce fut, en 1810, comme on l'a vu, que l'Empereur décréta un prix d'un million de francs à l'inventeur de la filature mécanique du lin. M. Philippe de Girard était alors à Lourmarin, sur les bords de la Durance, au milieu de sa famille, qui depuis près d'un siècle était l'objet d'un culte de vénération dans tout le pays. Il se mit à l'œuvre; âgé de trente-cinq ans, il avait déjà doté l'industrie française de diverses découvertes et innovations importantes... Sa pensée conçut d'un trait la machine demandée par Napoléon, et regardée jusqu'alors comme introuvable; puis, à force de tentatives laborieuses et dispendieuses, il parvint à l'exécuter... Elle était à peine debout que le trône impérial s'écroula. Le gouvernement de la Restauration, préoccupé, au début, d'autres pensées et d'autres embarras, ne pouvait guère songer aux dettes de l'Empire; l'invention et l'inventeur furent comme s'ils

n'étaient pas, et M. Philippe de Girard, le cœur navré et sa fortune engloutie, alla s'expatrier, au fond de l'Autriche, qui l'appelait, sa découverte et sa science dédaignées. Quelque temps après, ses associés avaient, à son insu, porté ses inventions chez les Anglais, à qui l'honneur en fut bientôt attribué : *sic vos non vobis.* M. Philippe de Girard protesta pour la France et pour lui-même. La gloire de l'invention, comme la récompense, tout lui serait donc enlevé!... c'était trop : il revendiqua sa découverte; et il eut pour témoins et pour cautions, alors et depuis, les plus beaux noms de la science contemporaine, MM. Chaptal, Arago, Dumas, Pouillet, Charles Dupin, Michel Chevalier, etc. Plus tard, en 1826, l'empereur de Russie appela M. Philippe de Girard à Varsovie comme ingénieur en chef des mines de Pologne, et dans le serment qu'il reçut, il lui réserva honorablement sa qualité de Français, que jamais le patriotique exilé n'aurait sacrifiée. Là, autour d'une grande filature mécanique du lin, une petite ville se fonda, qui porte le nom de *Girardow.* Durant les dix-huit années qu'il eut à remplir ses lointaines fonctions, M. Philippe de Girard ne cessa d'inventer et de faire hommage à la France de toutes ses inventions aussi utiles que variées. (On peut en voir la liste, avec d'intéressants détails biographiques, dans un article excellent,—puisqu'il est de M. Ampère, — que les *Débats* ont publié le 15 octobre 1845, et auquel j'emprunte la nomenclature des principaux faits.)

« Cependant la vieillesse était arrivée. Un grand désir de sa patrie oublieuse et de sa famille toujours si tendrement dévouée, saisit le cœur de M. Philippe de Girard. Une nièce et une petite-nièce entreprirent le voyage de Varsovie, et le ramenèrent en France dans le courant de l'année 1844..... L'exposition des produits de l'industrie s'ouvrait... Les grandes salles étaient pleines des nombreuses inventions de Philippe de Girard... ses machines à filer le lin fonctionnaient dans toute la France... son nom et ses louanges circulaient dans toutes les bouches des savants et des industriels. Il adressa un Mémoire aux Chambres pour demander, non pas le million promis par l'Empereur, mais une récompense nationale qui réhabilitât officiellement l'honneur de l'industrie française, et vint noblement en aide à sa vieillesse et à sa famille. Il avait pour lui le concours des hommes d'élite et le vœu de la foule... D'inqualifiables résistances administratives firent tout échouer... et M. Philippe de Girard, dans sa 71e année, mourut au mois d'octobre 1845, non-seulement sans récompense nationale, mais sans la moindre indemnité, mais sans être d'aucune commission spéciale, que dis-je? sans même avoir la croix d'honneur qu'il avait beaucoup désirée... Il poussa la clémence de son agonie jusqu'à ne pas prononcer le nom de ses puissants détracteurs. — Imitons-le. — Ces déplorables oppositions auraient fini sans doute par céder à l'évidence et à l'opinion; mais la mort n'attend pas, et, pour rendre justice comme pour pardonner, il n'y a jamais un moment à perdre...

« Eternel et redoutable hymen de la gloire et du malheur! — Il y a quelques siècles, c'était encore l'usage de proscrire, de persécuter les hommes de génie. L'histoire est pleine des prisons, des exils, des supplices qui récompensaient les grands inventeurs, poëtes ou savants. Aujourd'hui, grâce au progrès social, nous ne les tuons plus, nous les laissons seulement, de temps en temps, mourir de faim ou de chagrin; nous ne les proscrivons plus, — ce serait nous occuper d'eux, — mais nous les dédaignons, nous les oublions complétement. Cela suffit bien!

« Ah! du moins, si Philippe de Girard n'a reçu que l'indifférence et l'oubli de tous les pouvoirs qui avaient gouverné en France depuis trente ans, Dieu ne lui a pas ménagé les douces et glorieuses consolations : l'exil fut une vraie patrie pour son génie. Le gouvernement autrichien, et surtout l'empereur de Russie, lui donnèrent pendant près de trente ans, de continuels témoignages de haute estime et de délicate générosité. — Puis il avait rencontré, au bout de l'Europe, une partie de la famille de Napoléon, qui l'attira aussitôt dans son intimité; il y trouva cette affection improvisée, et qui sera durable, que les naufragés lient entre eux sur un rivage inconnu. Sa correspondance avec la reine Caroline et le roi Louis en offre de précieux témoignages. D'un autre côté, tout ce qui chez nous n'était pas la France officielle avait conservé à Philippe de Girard la sympathie de l'admiration. — J'ai nommé plus haut les illustres savants et publicistes dont le généreux concours ne l'abandonna jamais. — En 1842, la Société d'encouragement de Paris lui décerna, à titre d'inventeur de la filature mécanique du lin, la grande médaille d'or; et pareille médaille lui fut encore décernée par le jury d'exposition de 1844. — A cette époque, un grand nombre de députés de toutes nuances et toute l'industrie se réunirent pour faire une démarche personnelle auprès du ministre du commerce. M. Guizot, ministre des affaires étrangères, était très-favorable.—Les grands esprits sont toujours prévenus pour les grands talents... Enfin, quand tout cela eut abouti à rien, les industriels, de leur propre mouvement, votèrent à Philippe de Girard une dotation annuelle de six mille francs, qui les honora autant que lui. Voilà certes de belles compensations! — Les habitants de son village de Lourmarin, lorsqu'il revint en France, avaient planté un laurier dans son jardin. Le pinceau désintéressé de M. Henri Scheffer avait fait un nouveau chef-d'œuvre en reproduisant ses traits. Tous les hommages indépendants l'environnaient de mille douceurs, et par dessus tout, les soins pieux et charmants de la famille qu'il avait retrouvée. Grâce à tant de dévouements et d'affections,

rien ne manquait enfin au bien-être de Philippe de Girard..... C'est alors que la vie lui manqua.

« Sa mort n'arrêta pas les dévouements et les hommages. Rien ne surpasse en tristesse et en piété les honneurs funèbres qui furent rendus à ses restes mortels lors de leur translation à Lourmarin dans la sépulture héréditaire de la famille de Girard..... Le corps y arriva, le soir, à la lueur des torches et des illuminations; toutes les populations des environs étaient là; trois jours et trois nuits il resta exposé à leurs saintes larmes...., (1) La tombe à peine refermée, une souscription s'ouvrit pour élever un monument à la mémoire de celui dont la vie a illustré son pays natal, et dont le nom européen ne mourra pas.

« Et l'homme, — a dit M. Ampère, qu'il faut copier textuellement, si l'on ne tient pas à beaucoup moins bien dire, — « et « l'homme, tous ceux qui l'ont approché « peuvent le certifier, était aussi distingué « par l'âme que par l'intelligence; il avait « la simplicité des natures supérieures, ou- « bliant toujours ses intérêts pour ses idées, « quand ce n'était pas pour les intérêts « d'autrui; plein de sympathie et d'aban- « don; allant, sans regarder, où le pous- « saient le mouvement de sa pensée et l'en- « traînement de son cœur; un peu distrait, « sincèrement modeste, imagination vive, « cœur tendre, d'une infatigable confiance « dans les hommes et dans le sort, qui le « trompèrent tant de fois. Ouvrier avec les « ouvriers, qu'il aimait, dans un salon il « redevenait homme du monde..... »

« Ailleurs, après avoir parlé de la vocation précoce de Philippe de Girard pour la mécanique, M. Ampère ajoute :

« D'autres goûts encore, la botanique, la « sculpture, la peinture et la poésie, se dis- « putaient cette intelligence qui se cherchait. « Raynal, ami de la famille, prédit que le « jeune Philippe serait un grand poëte. « Mieux encore que le don des vers, qui lui « est toujours resté, ses inventions méca- « niques ont réalisé la prophétie du philo- « sophe. Chez les Grecs, *créateur*, au moyen « âge, *trouveur*, était le nom du poëte. »

« J'ai vu de M. Philippe de Girard des tableaux, des miniatures, des bustes, des poésies, qui lui auraient fait trois renommées si les circonstances ne l'eussent porté vers une autre gloire. C'était une organisation multiple, une intelligence qui s'attachait, comme une flamme, à tout ce qu'on lui présentait. — Comment, avec tant d'aptitude, avec de si magnifiques travaux largement rétribués à l'étranger, n'a-t-il rien capitalisé ?... Eh ! mon Dieu ! *c'est qu'il n'était qu'un homme de génie.* Il l'a dit lui-même avec une bonhomie ingénue. Le gain de ses inventions passait à d'autres inventions ou à des spéculateurs qui savaient les exploiter.

« Nous venons de voir la mauvaise fortune et l'iniquité coudoyer pas à pas Philippe de Girard dans la carrière où il aurait dû triompher solennellement; c'est la conduite assez habituelle des nations et du destin envers le génie inventif. Mais, par bonheur, ils ont encore une autre habitude : c'est d'honorer mort ce qu'ils dédaignaient vivant. La terre des tombeaux est bonne pour la palme du génie comme pour celle de la vertu. Les épreuves ordinaires n'ont pas fait défaut à la vie de Philippe de Girard; espérons que les réparations posthumes ne lui seront point épargnées. — Avec sa nièce et sa petite nièce, il a laissé sur la terre son frère aîné, ancien député de Vaucluse. Son âme serait consolée en voyant descendre sur sa famille, si digne de lui, la récompense nationale qu'il avait si bien méritée...

« C'est M. Dumas, de tout temps si dévoué à la science, dont il est une des plus belles gloires, qui, en 1842, comme président de la Société d'encouragement, transmit à M. Philippe de Girard la grande médaille d'or; et lui-même, comme vice-président du jury de l'exposition de 1849, a connu et approuvé la nouvelle pétition qu'il reçut plus tard en qualité de ministre.

« Par une autre coïncidence bien remarquable, au bout de tant d'années et de révolutions, la filature mécanique du lin, née d'une parole de l'Empereur, serait récompensée par son neveu, et après que l'inventeur se fut attiré dans l'exil l'intérêt et les sympathies de la famille de Napoléon. Ce sont des circonstances qui n'échapperont point à la pensée et au cœur du président de la république, qui a voulu que les services rendus sous l'Empire, et oubliés depuis, fussent rappelés à la lumière pour recevoir enfin aux yeux de tous leur juste part de gloire et de rémunération. »

LITHOGRAPHIE — Ainsi que l'indique son nom, composé de deux mots grecs (λίθος, pierre, γράφειν, écrire), la *lithographie* est l'art de dessiner sur la pierre, à la plume ou au crayon, des représentations de toute nature, qui peuvent ensuite être reproduites sur le papier, les étoffes et même sur bois, par la voie de l'impression. Cette ingénieuse découverte est due à Aloys Senefelder, qui en a lui-même écrit l'histoire (1) ainsi que nous allons le rapporter.

Né à Prague, en 1771, d'un artiste drama-

(1) Il n'était pas seul sur le catafalque : sa belle-sœur, madame Frédéric de Girard, morte après lui, partageait ses honneurs suprêmes. Et madame de Vernède de Corneillan avait puisé dans le sentiment religieux la force d'accompagner, depuis Paris, les restes de sa mère et de son oncle.

(1) Voir l'*Art de la Lithographie*, ou instruction pratique contenant la description claire et succincte des différens procédés à suivre pour dessiner, graver et imprimer sur pierre ; précédée d'une histoire de la lithographie et de ses divers progrès ; par Aloys Senefelder, avec un portrait de l'auteur et 20 pl., Paris, chez Treuttel et Würtz, 1819, in-4°.

tique qui le destinait au barreau, Senefelder eut le malheur de perdre l'auteur de ses jours lorsqu'il achevait ses études. Il songea d'abord à embrasser la carrière de son père; mais son début au théâtre de Munich eut peu de succès, et on ne voulut l'engager que comme comparse. Senefelder se mit alors à composer quelques ouvrages. « Une pièce que je faisais imprimer, dit-il lui-même, me fournissait si souvent l'occasion d'observer le travail des ouvriers de l'imprimerie, que je finis par acquérir une connaissance parfaite de tous les procédés de cet art; ce qui me fit naître par la suite le désir de vouloir imprimer moi-même les ouvrages que je composais. » La modicité de sa fortune et la difficulté d'obtenir l'autorisation nécessaire auraient dû l'arrêter dans un pareil projet; mais, doué d'un esprit inventif peu commun et persévérant par caractère, Senefelder s'y livra obstinément. Il conçut l'idée de chercher une manière d'imprimer moins coûteuse ou de s'associer à un ami qui possédait une imprimerie en taille-douce, pour graver ses œuvres à l'eau-forte sur le cuivre, et les imprimer de la manière ordinaire.

Un premier essai lui procura une sorte de stéréotypage sur la cire à cacheter et sur le bois; mais l'exécution en grand exigeait des capitaux, Senefelder abandonna cette entreprise. Il se mit donc à écrire à rebours sur une planche de cuivre polie, enduite du vernis ordinaire à l'usage des graveurs à l'eau-forte. C'est pourtant ce projet extravagant de remplacer la typographie par la gravure à l'eau-forte qui le mit sur la voie de son importante découverte ! Lorsqu'il eut acquis assez d'habileté pour copier à la main la forme approchée des caractères d'imprimerie, il s'aperçut qu'il était bien difficile d'écrire une page entière sans faire de fautes. Pour les corriger, avant de répandre le mordant, il imagina, à force d'essais, un vernis composé de cire et de savon mêlés avec du noir de fumée, et délayé dans de l'eau, dont il recouvrait les passages à corriger pour écrire de nouveau par-dessus. Il obtint enfin des épreuves qui lui donnèrent quelque espoir. Mais les planches de cuivre étaient trop chères pour les accumuler: Senefelder voulut se servir de la même pour un second essai. Il eut beaucoup de peine pour effacer les empreintes de l'eau-forte, et encore plus à lui rendre le poli convenable : la pierre dont il se servait était trop rude. En en cherchant une autre, il tomba sur une sorte de pierre calcaire. Quoiqu'elle ne pût servir à l'usage qu'il en voulait faire, il résolut néanmoins d'en tirer parti.

Senefelder avait entendu dire qu'on pouvait graver à l'eau-forte sur ces pierres aussi bien que sur le cuivre et le fer. Elles étaient plus faciles à polir, beaucoup moins coûteuses : il se décida donc à exécuter ses premiers essais sur une pierre qu'on nomme, à Munich, pierre de Solenhofen, et dont on se sert pour carreler les appartements.

Senefelder ne pensait point alors qu'on pourrait jamais imprimer avec ces pierres : son seul but était d'exercer sa main. Cependant, s'étant aperçu qu'il était plus facile d'écrire sur la pierre que sur le cuivre, et qu'on y formait beaucoup mieux les caractères, il chercha s'il était possible d'en obtenir des empreintes. S'en étant procuré d'assez fortes pour n'avoir pas à craindre de les voir éclater, il ne lui restait plus qu'à trouver le moyen de leur donner un poli plus parfait, et de composer un noir qu'on pût enlever plus aisément que celui qu'on emploie pour la taille-douce. Tous ses essais de gravure en creux sur la pierre, à la manière de la taille-douce, ne donnaient pourtant que de faibles résultats; et Senefelder avoue qu'il serait revenu aux planches de cuivre dès que ses moyens le lui auraient permis, lorsque le hasard lui procura la plus étonnante découverte. Voici comment il la raconte :

« Je venais de dégrossir une planche de pierre pour y passer ensuite le mastic et continuer mes essais d'écriture à rebours; alors ma mère vint me dire de lui écrire le mémoire de linge qu'elle allait faire laver; la blanchisseuse attendait impatiemment, tandis que nous cherchions inutilement un morceau de papier blanc. Ma provision se trouvait épuisée par mes épreuves, et mon encre ordinaire désséchée... Je pris mon parti, et j'écrivis le mémoire sur la pierre que je venais de débrutir, en me servant à cet effet de mon encre, composée de cire, de savon et de noir de fumée, dans l'intention de le copier lorsqu'on m'aurait apporté du papier. Quand je voulus essuyer ce que je venais d'écrire, il me vint tout d'un coup l'idée de voir ce que deviendraient les lettres que j'avais tracées avec mon encre à la cire en enduisant la planche d'eau-forte, et aussi d'essayer si je ne pourrais pas les noircir comme on noircit les caractères de l'imprimerie ou de la taille de bois pour ensuite les imprimer. Les essais que j'avais déjà faits pour graver à l'eau-forte m'avaient fait connaître l'action de ce mordant relativement à la profondeur et à l'épaisseur des traits, ce qui me fit présumer que je ne pouvais pas donner beaucoup de relief à ces lettres. Cependant, comme j'avais écrit assez gros pour que l'eau-forte ne rongeât pas à l'instant les caractères, je me mis vite à l'essai. Je mêlai une partie d'eau-forte avec dix parties d'eau, et je versai ce mélange sur la planche écrite; il y resta cinq minutes à la hauteur de deux pouces. J'avais eu la précaution d'entourer la planche de cire, comme le font les graveurs en taille-douce, afin qu'il ne se répandît point. J'examinai alors l'effet opéré par l'eau-forte, et je trouvai que les lettres avaient acquis un relief à peu près d'un quart de ligne, de manière qu'elles avaient l'épaisseur d'une carte, » etc.

Ainsi, la lithographie était inventée. Senefelder fit un tampon pour encrer sa planche, et s'aperçut qu'il fallait une force bien

moindre pour imprimer sur cette gravure en relief que sur l'ancienne gravure en creux. Pensant que sa méthode pouvait servir utilement à la reproduction de la musique, il en fit voir quelques épreuves au musicien de la cour, Gleissner, avec lequel il fonda la première lithographie, en 1796, pour l'impression musicale. Il inventa plusieurs sortes de presses, qui diffèrent peu de celles dont on se sert actuellement. Vers le même temps, un M. Schmit réclama la propriété d'invention, qu'il devait, dit-il à l'examen d'une pierre tumulaire, sur laquelle les lettres étaient gravées en relief. Mais ses essais consistaient plutôt en pierres fortement gravées à la pointe pour être imprimées à la façon des gravures sur bois. Les résultats en étaient si imparfaits, que Steiner, directeur du dépôt des livres destinés aux écoles, ami intime de Schmit, résolut enfin de s'adresser à Senefelder; et ce fut grâce à ce protecteur que celui-ci put donner une certaine extension à sa découverte. L'invention des crayons y mit le sceau, et un bel avenir allait s'ouvrir devant cet art ingénieux.

En 1799, le roi de Bavière accorda un privilége exclusif pour 15 ans à Senefelder et à son associé Gleissner. André d'Offenbach, grand éditeur de musique, ayant eu connaissance de cette impression, pria Senefelder de lui enseigner la lithographie dans toute son étendue, moyennant une somme proportionnée à son importance. L'artiste ne se fit pas prier. Une imprimerie lithographique fut bien vite en activité à Offenbach. En 1800, Senefelder se rendit à Londres, afin de demander pour André un brevet d'invention. En 1802, un frère d'André vint à Paris pour le même objet. Les deux brevets furent obtenus; mais les produits de ces deux établissements ne furent pas satisfaisants. Cependant l'imprimerie d'Offenbach prospérait, et devint très-renommée. A Vienne, Senefelder reçut un nouveau brevet, qu'il céda en 1806 à une personne avec laquelle il avait fait un contrat désavantageux. Il revint avec son associé Gleissner à Munich, où, en société avec le baron d'Aretin, ils formèrent une grande imprimerie lithographique, des presses de laquelle on vit sortir des dessins de choix, qui semblaient fraîchement produits par le crayon de l'artiste. Avec l'autorisation de l'inventeur, les imprimeries lithographiques se multiplièrent dans la capitale de la Bavière : le professeur Mitterer enseignait l'art de dessiner au crayon sur la pierre ; le baron d'Aretin et M. Manlich faisaient copier par d'habiles mains les principaux chefs-d'œuvre des maîtres de peinture ; en même temps l'invention nouvelle se répandait dans le reste de l'Allemagne. Bientôt elle fut connue du monde entier.

Le comte de Lasteyrie fut le premier en France qui comprit l'importance d'une découverte que des essais imparfaits avaient d'abord empêché d'apprécier à sa valeur. Vers 1810, il fit plusieurs voyages en Allemagne, dans le but de recueillir les renseignements nécessaires pour arriver à pouvoir naturaliser l'invention de Senefelder. A la même époque, M. Manlich offrait à la classe des beaux-arts de l'Institut un choix d'estampes lithographiées d'après Albert Durer et Raphaël. En 1814, M. Thiersch faisait hommage au même corps d'une collection remarquable de portraits des plus célèbres artistes allemands, ce qui n'empêchait pas le ministre de refuser au même instant à M. Manlich l'autorisation et les encouragements nécessaires pour fonder un établissement lithographique à Paris. C'était pourtant dans le cours de cette même année que, grâce aux efforts persévérants de M. de Lasteyrie, la lithographie devait s'introduire en France, M. de Lasteyrie poussa le zèle jusqu'à s'astreindre aux travaux d'un simple ouvrier, et, après avoir sacrifié des mois entiers et des sommes considérables à l'étude et au perfectionnement de l'art, il établit à Paris une imprimerie. Les talents les plus distingués lui prêtèrent leur appui, et le public eut à leurs travaux combinés l'avantage de pouvoir obtenir à très-bas prix des dessins originaux des artistes en faveur. Une nouvelle application de l'art força enfin l'autorité à lui accorder l'attention qu'il méritait. M. Lasteyrie mit en usage l'*autographie*. (*Voy. ce mot.*) Un recueil des lettres *inédites et autographes de Henri IV*, précédé d'un portrait de ce roi, dessiné sur pierre par Gérard, et dont le premier exemplaire fut présenté au ministre de l'intérieur, valut à M. de Lasteyrie deux brevets d'honneur et l'offre d'un privilége exclusif pour toute la France, pendant quinze ans. M. de Lasteyrie refusa noblement le privilége qui lui assurait d'immenses bénéfices.

Sur ces entrefaites, Engelmann, natif de Mulhouse, avait eu connaissance, en 1814, des procédés de Senefelder par quelques épreuves que M. Ed. Kœchlin avait rapportées d'un voyage en Allemagne, et la même année il fonda un établissement lithographique dans sa ville natale. Le 20 octobre 1815, il avait adressé à la Société d'encouragement un rapport sur cet art accompagné du produit de ses presses. En 1816, il transporta ses ateliers à Paris, et contribua puissamment aux progrès de la lithographie par la publication d'ouvrages nombreux et pleins de goût. Voulant enfin joindre ses efforts à ceux des particuliers, le gouvernement donna à M. Marcel de Serres la mission de parcourir l'Allemagne pour s'y initier dans tous les secrets de la lithographie ; et les mémoires de ce savant, insérés dans les *Annales des Arts et des Manufactures* répandirent dans tout le royaume la théorie et la pratique de l'art nouveau ; les dessinateurs, écrivains et imprimeurs formés dans les établissements de M. de Lasteyrie et d'Engelmann (mort en 1839), trouvèrent en province des élèves et des émules. A partir de 1818, l'autorité délivra beaucoup de brevets d'imprimeurs, dont le nombre limité jusqu'en 1830, s'est considérablement accru depuis cette époque, et il n'est pour ainsi dire pas une ville un peu

importante en France qui n'ait aujourd'hui un établissement lithographique. Senefelder put donc jouir de la gloire de sa découverte; qu'il vit apprécier à sa juste valeur. Depuis 1810, il était directeur d'un atelier lithographique fondé par le gouvernement bavarois. Il mourut le 26 février 1834.

L'art de la lithographie se compose, comme on le voit, de parties très-distinctes : le dessin et l'écriture confiés à l'artiste ; l'impression, qui regarde l'ouvrier. L'artiste exécute son travail sur une pierre *grenée*, c'est-à-dire frottée contre une autre pierre semblable avec un sablon très-fin, jusqu'à ce que sa surface soit bien unie. A l'aide d'une encre savonneuse ou de crayons gras spéciaux, préparés à cet effet, il dessine à rebours sur cette pierre comme il le ferait sur du papier, en la préservant soigneusement de tout frottement et en évitant d'y laisser tomber aucune matière étrangère. Son œuvre achevée, il livre sa pierre à l'imprimeur. Celui-ci commence par fixer le dessin sur la pierre en l'arrosant d'un mélange d'eau et d'acide nitrique qui, à dose convenable, décompose le corps savonneux et le rend insoluble à l'eau. On l'enduit ensuite d'une solution gommeuse ; et l'ouvrier peut alors en tirer des épreuves, en mouillant sa pierre à chacune d'elles ; l'eau humecte la pierre aux parties blanches et se retire des parties dessinées ; le rouleau, par la raison inverse, profitant de l'affinité qui existe entre le crayon de la pierre et l'encre qui le couvre, en décharge sur le dessin, qu'il fait pour ainsi dire ressortir, tandis qu'éprouvant une sorte de répulsion pour l'eau qui humecte le reste de la pierre, il n'y reste aucune trace. Le papier pressé sur cette pierre ne peut donc prendre du noir que sur les parties dessinées qui seules ont retenu de l'encre. Telles sont les lois sur lesquelles se fondent les procédés d'impression lithographique.

Les pierres lithographiques viennent pour la plupart d'Allemagne : celles qui sont connues sous le nom de *pierres de Munich*, passent pour les meilleures, quoiqu'on en ait trouvé de bonnes en France, aux environs de Châteauroux et dans d'autres endroits.

Nous avons vu qu'à ses débuts en France, la lithographie ne fut reçue qu'avec beaucoup de difficultés. Le mystère qui entourait la nature de l'encre et du crayon, l'ignorance du principe sur lequel reposait l'invention, l'inquiétude qu'inspirait aux artistes la disparition complète de leurs œuvres sous une préparation chimique dont ils s'expliquaient mal les effets, la défectuosité des premiers résultats, les tâtonnements qui fatiguent, les accidents qui découragent, furent les causes de ces retards. Mais lorsque, répondant à la voix de M. de Lasteyrie, les Vernet, les Isabey, les Michalon, les Bonnington se furent aventurés dans la carrière, ce fut bientôt un engouement parmi les artistes et parmi les amateurs. Les premiers, ravis de pouvoir, comme par enchantement, multiplier leurs compositions les plus fantasques sans le secours d'une main étrangère; les seconds, non moins enchantés de pouvoir acheter pour le prix d'une détestable gravure un ouvrage sorti de la main même d'un maître. Car la lithographie a cet avantage d'être le jet immédiat de l'artiste. La pensée que sa tête a conçue, sa main l'a exécutée et la presse l'a reproduite aussi fidèlement que le miroir fait d'une image. Que de noms justement célèbres n'auraient été connus que bien tard et bien incomplétement sans la lithographie ! Quel burin assez hardi, assez vif, assez spirituel, assez tendre, eût pu nous rendre ces admirables grognards, ces *Jean-Jean* si drôles, ces enfants si jolis de Charlet et de Bellanger, ces femmes si gracieuses de Devéria, ces singes si gravement risibles de Decamps, ces paysages, ces sujets si variés de Villeneuve, de Léopold Robert et de tant d'autres qu'on pourait citer ! La lithographie à créé pour ainsi dire la caricature. Pour l'impression de la musique, elle a l'avantage de ne pas tacher les doigts lorsqu'on les passe dessus. Elle restera aussi comme modèle de dessins pour la figure, l'ornement, le paysage; car l'élève y retrouve exactement le crayon du maître et n'a qu'à copier scrupuleusement ce qu'il voit, chose impossible sur un modèle gravé. Mais il faut avouer que la lithographie manque de sévérité dans les grandes choses et de finesse dans les petites. Si par son apparence elle séduit le vulgaire, elle choque souvent le connaisseur; et c'est à tort, comme sans succès, qu'on a voulu lui faire remplacer la gravure d'encadrement et la vignette destinée à l'illustration des livres. Cependant de nombreux perfectionnements ont été tentés, et plusieurs ont réussi. Par l'application d'un fond légèrement teinté en bistre, on a imité à peu de frais le papier de Chine. Elle sert encore à imprimer des papiers de couleurs les plus variées avec les dessins les plus riches et les plus délicats. M. Girardet, en 1831, et plus tard M. Philippon, ont cherché le polytypage des lithographies, c'est-à-dire qu'ils ont voulu mouler en plomb des empreintes prises sur le relief des pierres afin de les faire imprimer sur la presse typographique.

Les essais de ce dernier, qui avaient semblé satisfaisants, n'ont cependant pu réussir à l'épreuve du temps. M. Philipon a été plus heureux dans l'imitation du crayon blanc avec toutes ses dégradations, procédé dans lequel il s'est montré supérieur aux Anglais. Enfin, un sieur Ulmandel vient, à ce qu'on assure, d'inventer un procédé qui reproduirait un lavis original aussi facilement que la lithographie primitive reproduit le crayon.

Bien que l'engouement pour la lithographie soit un peu passé, on ne peut révoquer en doute l'influence exercée sur le goût du dessin en France par les brillantes reproductions dues au talent souple et facile de MM. Grevedon, Aubry-Lecomte, Léon Noël, Maurin, etc., etc.

La lithographie fait une concurrence assez

active à la typographie et à la taille-douce pour l'impression des écritures. Quoique plus lente et plus chère que la première, elle lui est cependant préférée pour les petits tirages, pour les têtes de registres, et notamment pour les lettres d'invitation, les billets de faire-part, les circulaires. Mais, pour les tirages nombreux, pour les prospectus, et pour tout ce qui demande netteté, célérité et grande économie, la typographie conserve la supériorité. Dans les travaux communs, elle est plus expéditive et moins coûteuse que la taille-douce, mais elle perd ces deux avantages si elle veut lutter de beauté dans l'exécution.

Comme le typographe et l'imprimeur en taille-douce, l'imprimeur lithographe est soumis aux lois qui régissent la presse, et astreint, depuis 1815, au dépôt préalable et à la demande d'autorisation des estampes qu'il veut publier.

A l'étranger, la lithographie est cultivée avec succès dans la capitale de l'Angleterre, à Bruxelles et surtout à Berlin, qui possède, au point de vue de l'art, une incontestable supériorité. Munich est l'atelier central des contrefaçons de tout ce qui se publie en France et en Angleterre. Le bon marché des impressions lithographiques a donné naissance à un grand nombre de journaux envoyant à leurs abonnés des dessins de toute nature. Des exportations considérables de lithographies en noir ou coloriées ont lieu pour la Belgique, la Hollande, la Russie et pour les différents Etats des deux Amériques. Mais ces envois étant confondus dans les tableaux de douanes avec ceux des gravures, nous regrettons de n'en pouvoir indiquer ici le chiffre (1).

LITHOTRITIE, ou mieux LITHOTRIPSIE (car ce mot se compose de λίθος, pierre, et de τρίβω, [broyer], et non pas de *tritus* [*tero* broyer]. — Opération par laquelle les calculs urinaires sont saisis et pulvérisés, dans la vessie, au moyen d'instruments introduits par les voies naturelles, sans incision ni effusion de sang comme dans la *lithotomie* ou *taille*, et aussi sans aucune des chances de mort immédiate, presque inséparables de cette dernière opération. Une sonde d'un moyen calibre est introduite dans la vessie; c'est la partie la plus douloureuse de l'opération; puis, par un mécanisme intérieur, et sans que le malade en ait la conscience, la pierre est saisie et divisée. Hâtons-nous de le dire cependant, la lithotritie ne saurait dans tous les cas remplacer la taille, bien que celle-ci dût devenir probablement de plus en plus rare, si l'affection calculeuse, reconnue à une époque voisine de son début était dès lors attaquée par l'action combinée du traitement intérieur et du broiement. A en croire les détracteurs ou les plagiaires d'une importante découverte, on aurait songé dès la plus haute antiquité, à détruire mécaniquement les calculs vésicaux. Les Arabes auraient inventé et appliqué avec succès des appareils instrumentaux pour cet objet. Fabrice de Hildan, chirurgien du XII° siècle, aurait proposé une sonde s'ouvrant en trois branches pour aller saisir la pierre dans la cavité vésicale. Eh bien! l'examen des textes a démontré que ces inventions si lumineuses se réduisent à l'extraction des petites pierres engagées dans le canal de l'urètre. On rapporte encore quelques histoires incomplètes et obscures de malades qui auraient eux-même détruit la pierre, dans leur propre vessie, au moyen de sondes terminées par une lime, par un ciseau tranchant; mais rien n'établit d'une manière satisfaisante qu'avant le premier quart de ce siècle on ait vu aucune tentative sérieuse pour arriver à un pareil résultat. En 1812, M. Gruithuisen, médecin bavarois, imagina un appareil destiné à perforer la pierre en différents sens, afin de favoriser l'action de liquides dissolvants que l'on devait injecter dans la vessie. C'était une sonde droite, avec une anse de fil métallique, propre à embrasser et à fixer le calcul. Un foret qui faisait saillie à l'extrémité de la sonde avait pour objet de perforer la pierre, et devait être mu par un archet. On doit à M. Gruithuisen, et plus tard à M. Amussat, la démonstration de ce fait qu'on peut introduire dans la vessie et y faire manœuvrer des instruments rectilignes. Mais l'appareil du savant allemand n'était pas de nature à pouvoir être appliqué, et lui-même n'a pas donné suite à ses travaux. Quatre ans plus tard, M. Elgerton, chirurgien écossais, publia un dessin représentant un instrument destiné à user les calculs au moyen d'une râpe. En 1822, enfin, M. Leroy d'Étiolles présenta à l'Académie de médecine un appareil pour le broiement de la pierre, en même temps que M. Amussat faisait connaître à la même compagnie son *brise-pierre* à encliquetage. Alors M. Civiale, qui le premier, il est vrai, pratiqua le broiement de la pierre sur l'homme vivant, éleva des réclamations de priorité, que l'Académie des sciences a jugées définitivement en faveur de M. Leroy d'Etiolles en 1825. M. Heurteloup et plusieurs autres chirurgiens français, parmi lesquels il faut mentionner M. le docteur Ségalas, firent successivement des perfectionnements aux appareils et aux procédés de cette opération toute française, et l'inventeur lui-même a marché plus activement que personne dans cette voie d'amélioration.

Laissant aux traités spéciaux et aux rapports de l'Académie des sciences les descriptions minutieuses et l'histoire polémique de cette belle découverte, nous allons l'exposer telle qu'elle est au moment où nous écrivons, après que depuis plus de vingt ans elle a déjà rendu de grands services à l'humanité, et qu'elle a pénétré à peu près partout où il y a des chirurgiens.

D'abord, une pince à trois branches renfermée dans une sonde, s'ouvrait lorsqu'elle était introduite dans la vessie, saisissait le calcul et le fixait solidement : alors un trépan mu par une manivelle, puis par un ar-

(1) Cet article est tiré de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

chet, le perçait d'outre en outre. On l'abandonnait ensuite pour le saisir et le perforer de nouveau, jusqu'à ce que, criblé en tous sens, il se rompît en fragments, qu'on reprenait chacun à son tour, au point de les réduire en une poudre grossière, que les urines entraînaient avec elles. Plus tard, après une première percée cylindrique, on faisait agir des limes qui, usant le calcul de dedans en dehors, le convertissaient en une coque facile à réduire en petits fragments. C'est ainsi que furent pratiquées les premières opérations. Beaucoup d'appareils accessoires furent inventés pour faciliter l'opération, tels que des lits et des fauteuils pour placer et maintenir les malades, des étaux pour fixer l'instrument lithotriteur et prévenir les secousses et les ébranlements, etc. Des succès brillants furent obtenus, et les échecs ne purent guère être attribués qu'à ceux qui compromirent la lithotritie dans des cas auxquels elle ne convenait point. Dans beaucoup de circonstances, les résultats ont été véritablement merveilleux, et l'on a vu des malades débarrassés de leur calcul en une seule séance, lorsqu'ils croyaient n'avoir subi qu'une simple exploration; d'autres guéris par un petit nombre de tentatives qui ne les empêchaient pas de se rendre à pied chez l'opérateur et de se livrer à leurs occupations ordinaires. L'opération de la taille, dans les conditions les plus favorables, tient le malade alité au moins pendant quinze ou vingt jours.

Le but était atteint. On voulut obtenir toujours la même rapidité : alors on passa du principe du broiement et de l'usure à celui de l'écrasement, le seul qu'on emploie à présent. Il est curieux de suivre le travail de l'invention et de voir l'idée la plus simple ne se montrer, comme toujours, qu'après de longs tâtonnements. Dans cette seconde époque de la lithotritie se présentent deux périodes distinctes : celle de l'écrasement opéré par deux pièces mobiles rapprochées l'une de l'autre par une vis de rappel, et celle de la percussion, dans laquelle la pierre, engagée entre les mors d'un instrument qui la prend d'avant en arrière, se trouve brisée par des coups frappés sur la portion extérieure. On a même construit des appareils qui réunissent les deux systèmes, et qui permettent de les employer suivant le degré de dureté du calcul sur lequel on est appelé à opérer.

La lithotritie, si simple dans quelques circonstances, présente aussi ses difficultés : le volume et la dureté extrême de la pierre, l'état maladif de la vessie ou de la prostate, l'étroitesse du canal de l'urètre, etc. Pendant l'opération elle-même, les instruments peuvent être gênés dans leur jeu par le détritus du calcul ou par des fragments qui s'introduisent entre les pièces mobiles. Mais ces obstacles n'arrêtent pas une main bien exercée. Nous ajouterons que la lithotritie peut être et a été utilement appliquée aux calculs engagés dans l'urètre, lesquels exigeaient autrefois l'incision de ce canal; et que cette opération a pu être pratiquée sur des enfants extrêmement jeunes, qui ne sont pas, comme on le sait, exempts de l'affection calculeuse.

Les précautions générales sont celles qu'on doit prendre avant, pendant et après toutes les opérations chirurgicales.

Nous ne croyons pas mieux terminer ces notions, extraites de l'*Histoire de la lithotritie* par M. le docteur Leroy d'Etiolles, ouvrage remarquable par la clarté et la bonne foi, qu'en donnant l'appréciation judicieuse qu'il fait lui-même de cette opération, dont il précise les limites : « La lithotritie, pour une pierre petite, dans une vessie saine, est, dit-il, une opération simple, facile, point dangereuse quand elle est bien faite, et en général peu douloureuse. Plus tard, la pierre étant plus grosse, la douleur et le danger augmentent; plus tard encore, la vessie devenue malade rend le succès douteux, et oblige parfois de pratiquer la taille; enfin, lorsque le mal s'étend jusqu'aux reins, la médecine est impuissante (1). »

LOCOMOTIVE. — On donne le nom de machine locomotive ou simplement de locomotive, à un système de machines à vapeur dont la force motrice est appliquée au transport sur les chemins de fer. Ces machines diffèrent essentiellement des autres en ce que, montées complétement sur des roues, elles marchent avec le convoi qu'elles remorquent.

De tous les systèmes de machines à vapeur, celui de la locomotive est le plus moderne, et il est encore loin d'être parvenu à son apogée; les modifications qu'il subit tous les jours sont là pour le constater. Nous pensons qu'il peut être assez curieux pour le lecteur de connaître la série des nombreux perfectionnements qu'a subis ce moteur depuis son origine jusqu'à nos jours. Nous allons les relater brièvement.

Description historique des locomotives. — En 1759, le docteur Robison, savant anglais, contemporain et ami de James Watt, conçut l'idée d'appliquer la force motrice de la vapeur à la traction des voitures. Ce projet n'eut pas de suite, par la raison qu'à cette époque on ne faisait usage de la vapeur qu'à la pression atmosphérique, ce qui nécessitait un appareil de condensation, et partant, un poids considérable pour la machine. Néanmoins, en 1784, Watt indiqua les moyens de construire une locomotive à condensation; mais il ne donna pas non plus de suite à cette idée. En 1802, l'emploi de la vapeur à haute pression étant devenue plus familier, MM. Trévithick et Vivian mirent les premiers à exécution l'idée du docteur Robison. Leur locomotive consistait en une chaudière cylindrique à foyer et circulation intérieure, dans laquelle était placé un cylindre à vapeur vertical, à double effet. La distribution s'effectue au moyen d'un robinet à quatre voix, système de Léopold.

(1) Cet article, emprunté à M. F. Rattier, est extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde.*

La vapeur sortant du cylindre se rendait à la cheminée par un tuyau traversant un long réservoir dans lequel était l'eau d'alimentation. La transmission du mouvement du piston à l'essieu des roues motrices se faisait au moyen de deux bielles articulées, absolument comme dans la machine système de Mandslay. Les manivelles étaient en dehors des roues. Un volant, placé sur l'essieu des roues motrices, facilitait le passage de la manivelle aux points morts.

En 1804, une machine de MM. Trévithick et Vivian fut employée pour le service d'une mine, à Merthap Tydvil, dans la partie méridionale du pays de Galles. Elle remorquait, sur un petit chemin de fer de trois lieues, 100,000 kilogr. de houille avec une vitesse de deux lieues à l'heure.

Les dimensions du cylindre à vapeur étaient :

Diamètre. . . . . 0^m, 203
Course. . . . . . 1^m, 37

Le principal inconvénient que présentait cette machine était de ne pouvoir se tenir longtemps en vapeur. Il fallait, pour être sûr de parcourir le trajet d'un seul trait, sans rester en route, emmagasiner, dans la partie supérieure de la chaudière, une quantité notable de vapeur, en d'autres termes, partir avec une pression de trois à quatre atmosphères et demie pendant la marche. Cet inconvénient fut un obstacle qui recula jusqu'à 1829 la série des perfectionnements qui ont été apportés à ce moteur.

En 1811, M. Blenkensop, mécanicien anglais, fit exécuter une locomotive qui se distinguait particulièrement par la disposition qu'il adopta ponr obtenir l'adhérence des roues sur le sol. Il paraît qu'à cette époque, où le poids de la locomotive était trop faible pour produire l'adhérence, on était persuadé que les roues devaient glisser; toujours est-il que M. Blenkensop munit ses roues de dents engrenant avec des crémaillères qui régnaient sur la longueur de la voie.

En 1812, MM. William et Edouard Chapmann, sans doute pénétrés de la même idée que M. Blenkensop, construisirent une locomotive dont l'avancement avait lieu au moyen d'une roue dentée engrenant avec une chaîne qui régnait sur toute la longueur du chemin.

En 1813, M. Brunton, mécanicien anglais, imagina une locomotive dont l'avancement avait lieu au moyen d'articulations placées à l'arrière et fonctionnant d'une manière analogue à celle des jambes d'animaux.

On en était là, lorsque M. Blackett, ingénieur anglais, prouva, par des expériences directes sur une locomotive qu'il plaça au chemin de Wylon, que l'adhérence des roues ordinaires sur les rails était suffisante pour remorquer la charge que l'on mettait à la suite des locomotives; il fallait seulement que ces roues fussent convenablement chargées. Cette découverte opéra une certaine révolution dans les locomotives, et, à partir de cette époque, on commença à s'en occuper sérieusement. Parmi les mécaniciens qui contribuèrent le plus à perfectionner ces appareils, on doit citer en première ligne MM. Dodd et Stephenson, dont l'un est devenu depuis une célébrité.

La locomotive de M. Blackett était, comme les précédentes, à un seul cylindre vertical, deux bielles et un volant. La première modification par laquelle se signala M. Stephenson, en 1814, fut la suppression du volant, et son remplacement par un second cylindre. Dans la machine construite d'après ce nouveau principe, les cylindres étaient verticaux, agissant toujours au moyen de deux bielles articulées, chacun sur un arbre à manivelles. Ces arbres à manivelles communiquaient entre eux et avec les essieux des roues au moyen d'engrenages. Ils étaient disposés de telle sorte, que leurs manivelles respectives se trouvaient à angle droit, condition indispensable pour éviter l'influence du point mort. Bientôt après, M. Stephenson, aidé de M. Dodd, substitua des chaînes sans fin aux engrenages directs, et, afin d'éviter la complication des arbres, il plaça les cylindres chacun dans le plan vertical, passant par l'axe d'un essieu; de cette manière les manivelles étaient directement établies sur les essieux.

Ce ne fut pas la seule modification que ces messieurs introduisirent dans la locomotive construite d'après ce système. Jusque-là on n'avait pas encore pensé à l'usage des ressorts, et il paraît que ce furent les engrenages de M. Stephenson qui lui en firent sentir la nécessité. En effet, on remarque que, au lieu de porter directement sur les essieux des roues, la chaudière de la locomotive à deux cylindres verticaux, agissant directement sur ces essieux, en était séparée par quatre appareils dont voici la description:

Chacun de ces appareils se composait d'un piston plein, vertical, fixé sur l'essieu et surmonté d'un cylindre emboîtant exactement ce piston, et muni d'ailleurs d'un stuffing box. Ce cylindre était fixé à la chaudière et communiquait librement avec son intérieur. La pression de la vapeur agissant par réaction sur la partie supérieure opposée à ce cylindre, soulevait la chaudière d'une quantité proportionnelle à sa pression. Il en résultait que la chaudière, ainsi portée en quatre points, oscillait pendant la marche absolument comme sur des ressorts. La surface des pistons était déterminée d'après le poids de la chaudière pleine, sa pression intérieure et le soulèvement que l'on voulait avoir.

Il est probable que cette disposition, tout ingénieuse qu'elle était, eut pour inconvénient de n'opérer qu'accidentellement, c'est-à-dire quand la pression de la vapeur dans la chaudière était suffisante; or, comme on n'était pas encore parvenu à trouver le moyen de donner une grande surface de chauffe aux chaudières, la machine devait, au bout de peu de temps de marche, retomber sur les essieux. De plus, les cylindres étant verticaux, il fallait donner un jeu considé-

robie aux pistons pour qu'ils ne frappassent pas contre les fonds. Nous avons eu occasion de voir employer la même disposition modifiée sur un remorqueur de routes ordinaires, construit à Calais en 1839. L'auteur donnait l'idée de ces ressorts comme de lui ; il était peut-être de bonne foi. N'avons-nous pas vu, il y a quelque temps, un inventeur nous proposer sérieusement la disposition de M. Blenkensop modifiée comme étant la sienne.

Après la machine de MM. Dodd et Stephenson, apparut une machine fort importante eu égard aux résultats qu'engendra par la suite la direction donnée par son inventeur aux perfectionnements qu'il apporta à la machine de ses prédécesseurs.

La *Sans-pareille*, de M. Hackworth, se composait, comme la locomotive de MM. Dodd et Stephenson, de deux cylindres verticaux, mais elle en différait essentiellement en ce que les cylindres, au lieu d'agir chacun sur un essieu au moyen de bielles articulées, étaient placés chacun en dehors de la chaudière, à une des extrémités d'un seul essieu, qui recevait le mouvement en dessous au moyen de deux manivelles à angles droits. On supprima donc ainsi d'un seul coup : 1° une grande traverse à chaque cylindre ; 2° une grande bielle également à chaque cylindre ; 3° deux roues dentées et une chaîne sans fin.

Cette importante modification fut immédiatement suivie de quelques autres dont elle avait jeté les fondements et qui constituent la portion des locomotives modernes, où s'effectue le travail. En effet, après la *Sans-pareille* apparut la *Fusée*, de Stephenson, qui en différait uniquement en ce que les cylindres, au lieu d'être verticaux, étaient inclinés à 45°.

Que dire ensuite pour arriver à l'horizontalité parfaite, sinon que, si cette disposition ne fut pas adoptée de prime-abord par l'ingénieux M. Hackworth, c'est que, comme tout le monde, il pensait que les cylindres horizontaux devaient s'user très-rapidement. Il fallut que, par des inclinaisons successives, on arrivât à reconnaître que l'on redoutait une chimère.

Les locomitives laissèrent encore quelque chose à désirer ; on marchait bien, mais pas longtemps ; la vapeur tombait trop vite ; l'injection de vapeur dans la cheminée activait le tirage, mais la surface de chauffe était insuffisante. On arrivait à force de tuyaux de circulation jusqu'à 6 et 8 mètres carrés de surface de chauffe, mais on n'allait pas plus loin.

En 1829, époque mémorable, deux ingénieurs, l'un Français, M. Séguin, l'autre Anglais, M. Stephenson, découvraient chacun de son côté le principe tant cherché de la vie des locomotives, et l'on pouvait dire des chemins de fer. Pendant que M. Séguin faisait ses expériences dans les chantiers du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, M. Stephenson, plus heureux, présentait au concours de Liverpool une locomotive à chaudière tubulaire possédant une surface de chauffe totale de 12 mètres carrés, et était couronné avec tous les honneurs dus à l'inventeur d'un grand principe. Certes, cette surface de chauffe de 12 mètres carrés n'était pas considérable, si on la compare à celle que possèdent aujourd'hui ces appareils moteurs ; mais le principe était émis, et, de 25 tubes de 5 centimètres de diamètre par où débuta M. Stephenson, on ne tarda pas à aller jusqu'à 50, 75, 100, 125 même, de 4 centimètres 1/2 en moyenne.

Le cylindre arrivé à la position horizontale et la chaudière devenue tubulaire, la construction de la locomotive ne présentait plus d'obstacles à son adoption définitive, et il n'y eut plus alors qu'à s'occuper des perfectionnements. Mais, il faut l'avouer, si on exécuta mieux chaque pièce, on n'avança pas beaucoup dans la disposition, comme nous allons le voir.

A peine les cylindres furent-ils horizontaux et agissant en dehors des roues, qu'on imagina, pour leur rendre l'enveloppe de chaleur qu'ils avaient perdue en sortant de la chaudière, de les placer dans la boîte à fumée entre les roues. Il fallut alors faire des essieux coudés, qui, d'abord trop faibles, se cassaient, puis qui, devenus suffisamment forts par l'accroissement successif de leurs dimensions, ont présenté tant de difficultés à construire, qu'aujourd'hui on y renonce et on se décide à remettre les cylindres en dehors. Telle est, du moins, la direction que semblent prendre les perfectionnements du jour.

A l'instar des constructeurs anglais, MM. Allcard et Buddicom exécutèrent, il y a trois ans, toutes les locomotives du chemin de fer de Rouen avec cylindres en dehors. Les ingénieurs du gouvernement, les imitant, ont commandé les locomotives du chemin de fer du Nord sur le même système.

Après cet exposé succinct de l'histoire des locomotives, nous allons envisager ce moteur sous les points de vue physique et mécanique, théorique et pratique.

Examen particulier des différentes parties d'une locomotive. — Les locomotives, comme toutes les machines à vapeur sans condensation, peuvent se diviser en six parties principales, savoir : 1° la vaporisation, 2° la distribution, 3° le travail, 4° la transmission du mouvement, 5° l'alimentation, 6° le bâti. La vaporisation comprenant : la chaudière, la boîte à fumée, la cheminée, les conduits de vapeur aux cylindres, et les appareils de sûreté ; la distribution comprenant : le régulateur, les distributeurs, le mouvement des distributeurs et le tuyau d'injection dans la cheminée ; le travail comprenant : les cylindres, les pistons et leurs tiges ; la transmission des mouvements comprenant : les guides, les bielles, les manivelles coudées ou non coudées, l'essieu moteur et les roues motrices ; l'alimentation comprenant : les pompes alimentaires, leurs soupapes, les tuyaux de raccordement avec le tender et le tender ; enfin le bâti comprenant : le

châssis, les ressorts, les petites roues et leurs essieux, ainsi que leurs accessoires divers qui terminent une locomotive; toutes les pièces d'une locomotive se trouvant comprises dans ces six parties ainsi définies, si nous les passons successivement en revue nous serons certains d'avoir envisagé ces moteurs sous le point de vue général et le plus complet.

I. Vaporisation. — 1° *Chaudière.* — Une chaudière de locomotive se compose de deux appareils distincts, savoir : la caisse à feu, le corps cylindrique. La caisse à feu est une capacité en cuivre rouge, et de forme d'un parallélipipède, dans laquelle a lieu la combustion du coke. Cette capacité est ouverte à sa partie inférieure, et terminée par une grille ; elle est munie en outre, sur la face postérieure, d'une porte, par laquelle on introduit le combustible. Autour de la boîte à feu, et à une distance de 10 centimètres environ, est une enveloppe en tôle de fer fermée de toutes parts, sauf sur une portion circulaire de sa face antérieure correspondant exactement à la section du corps cylindrique. De dix en dix centimètres les parois latérales de la caisse à feu et de son enveloppe sont percées de trous taraudés, dans lesquels sont passés des boulons à vis que l'on rive des deux côtés. Le but de ces boulons est de tenir constant, entre ces deux surfaces, l'écartement que ne manquerait pas d'accroître l'action de la vapeur à haute pression. La surface des parois de la caisse à feu porte le nom de surface de chauffe directe. C'est par cette surface qu'est produite la plus grande quantité de vapeur à aire égale.

Pour maintenir plane la paroi supérieure de la caisse à feu, on n'a pas recours au même moyen que pour les parois latérales; d'abord parce que cela empêcherait la pose de tout appareil sur la partie supérieure de l'enveloppe, ensuite parce que cette partie, qui est cylindrique, n'en a pas besoin. On munit alors la paroi supérieure d'arceaux paraboliques en fonte, espacés de 10 à 12 centimètres les uns des autres. Ces arceaux sont rendus rigides par des entraits en fer et soutiennent cette face par des boulons qui traversent de part en part. A la partie supérieure de l'enveloppe est pratiquée une ouverture qui se ferme, tantôt par un trou d'homme, tantôt par un dôme dans lequel s'effectue la prise de vapeur.

On n'est pas encore d'accord jusqu'ici sur le point de la chaudière où il est plus convenable de faire la prise de vapeur. Les uns la font au-dessus de la caisse à feu, parce que là le mouvement du régulateur est facile et la hauteur assez grande ; les autres la font le plus près possible de la boîte à fumée, parce que, disent-ils, sur la caisse à feu il se produit un bouillonnement qui entraîne avec lui une grande quantité d'eau vaporisée dans les cylindres, tandis qu'à l'autre extrémité la vapeur s'élève graduellement et est beaucoup plus sèche quand elle arrive aux cylindres.

Pour éviter l'entraînement d'eau par la vapeur qui se rend au cylindre, M. C. E. Jullien proposa, il y a quatre ans, le chauffage de la vapeur sur la caisse du foyer. Cette disposition n'a pas, que nous sachions été essayée. Elle présente, il est vrai, en apparence quelque danger, mais il est possible que tôt ou tard elle soit mise en question et éprouvée.

Le corps de la chaudière est un cylindre horizontal en tôle de fer, aboutissant, d'une part, à l'enveloppe de la caisse à feu, avec l'intérieur de laquelle il communique; d'autre part, à la boîte à fumée dont il est séparé par une forte plaque de tôle de fer de 15 millimètres d'épaisseur. C'est dans cette plaque en tôle que viennent se loger les extrémités antérieures des tubes de fumée, dont les extrémités postérieures sont fixées par des viroles en fer, dans la paroi antérieure de la caisse à feu, qui possède en cet endroit une épaisseur de 20 millimètres. Ces tubes, de 4 à 5 centimètres de diamètre, sont distants les uns des autres de 15 à 20 millimètres, et occupent à peu près tout l'espace de la chaudière contenant de l'eau. Nous disons à peu près, parce que, supérieurement et inférieurement, on ménage une hauteur de dix centimètres sans tubes : supérieurement, afin que, le niveau de l'eau baissant, les tubes supérieurs ne se trouvent pas dans la vapeur, ce qui les exposerait à être promptement brûlés ; inférieurement, afin que les dépôts qui se font dans cette partie du corps cylindrique ne viennent pas à couvrir les tubes inférieurs, ce qui les exposerait à être brûlés promptement. L'assemblage des tubes, avec la plaque de tôle de la boîte à fumée, se faisant comme avec l'autre, au moyen de viroles, ces deux faces sont suffisamment maintenues à distance dans la portion qui est occupée par les tubes. Mais au-dessus de cette portion, sur la plaque en fer de la boîte à fumée, et au-dessus de la caisse à feu, dans la face postérieure de son enveloppe, rien n'empêche l'action de la vapeur de se manifester. Alors on met des tirants en fer, au nombre de dix ou douze, situés dans le même plan horizontal, et dont les extrémités se relient aux deux faces ainsi opposées.

M. de Pambour a fait une longue série d'expériences pour déterminer les conditions du travail des chaudières des locomotives. Les résultats peuvent se résumer ainsi :

1. La production de vapeur diminue légèrement quand la pression augmente dans la chaudière. 2. La production de vapeur augmente rapidement avec la vitesse de la locomotive, parce que le travail du jet de vapeur, par conséquent le tirage, augmente en même temps. Quand la machine est arrêtée, elle produit cinq fois moins de vapeur que quand elle marche à sa vitesse normale. 3. Au-dessus et au-dessous de la section de la tuyère qui suffit pour porter la flamme à l'extrémité des tubes, la production de vapeur diminue. 4. Quand la machine est ar-

rêtée ou qu'elle a peu de vitesse, la production de vapeur pour l'unité de surface directement exposée à l'action du foyer est beaucoup plus considérable que pour l'unité de surface du tube; mais, quand la machine est en plein travail, la production est la même pour les deux surfaces; parcequ'alors la flamme se prolongeant jusqu'à l'extrémité des tubes, tout est réellement surfacedirecte exposée au rayonnement. C'est donc la surface totale des tubes qu'il faut prendre pour base du calcul des locomotives. 5. La production moyenne de vapeur par mètre carré de surface totale et par heure est de 62 k., 4. 6. La quantité d'eau entraînée par la vapeur dans les cylindres varie, suivant la distance entre le niveau de l'eau et la prise de vapeur, suivant la capacité du réservoir de vapeur et la rapidité de la vaporisation, de 10 à 36 0/0 de la quantité totale enlevée de la chaudière. 7. Avec du coke de gaz on brûle 12 0/0 de plus qu'avec du coke de fonderie de première qualité. Avec ce dernier, la vaporisation moyenne est de 6 k., 25 par kil. de coke, y compris l'eau emportée à l'état liquide, ce qui réduit la quantité réellement vaporisée à 5 k., 80 environ. Il faut remarquer que le coke donne un effet utile plus grand en vapeur, quand la machine est arrêtée ou marche lentement, par suite quand la quantité de combustible brûlée est moindre, parce qu'alors la surface de chauffe est plus considérable par rapport à la quantité brûlée. 8. Quant au rapport entre la surface de chauffe du foyer et celle des tubes, en augmentant celle des tubes on augmente l'effet utile du combustible, le foyer restant plus petit; mais en augmentant la surface du foyer et sa grandeur, on augmente la vitesse de production, ce qui est très-important, même aux dépens de l'effet utile du combustible.

Jusqu'en 1843, la surface de chauffe se répartissait en moyenne, ainsi qu'il suit, savoir :

Surface de chauffe directe,	5,00 m. car.
Surface de chauffe par contact,	45,00
Total...	50,00 m. car.

faisant 20 m. car. de surface de chauffe réduite ou directe, le mètre carré de surface de foyer étant équivalent à 3 mètres carrés de surface de tubes.

Dans son ouvrage sur les locomotives, M. Jullien, frappé de la perte énorme de chaleur qui se faisait par la cheminée, proposait, pour économiser le combustible, d'augmenter la surface de chauffe par un élargissement suffisant de sa voie. Le problème a été résolu, dans ces derniers temps, par M. Stephenson, d'une manière fort heureuse, sans que l'on ait eu recours à ce moyen. Cet habile ingénieur a simplement augmenté la longueur du corps cylindrique, mais il y avait une condition difficile à remplir pour arriver à ce résultat; car l'allongement du corps cylindrique, avec la disposition d'alors des locomotives, entraînait naturellement avec elle l'écartement des essieux des roues, écartement qui, à cause des courbes, doit être maintenu le moindre possible. Au lieu de mettre un essieu en dehors de la boîte à feu sous la plate-forme du chauffeur, et les deux autres sous le corps cylindrique, M. Stephenson les place tous les trois sous le corps cylindrique; ce qui met la caisse à feu en porte à faux. Il a ainsi augmenté la surface de chauffe dans une proportion très-grande, sans augmenter la dimension du foyer, ni par conséquent sa dépense en combustible, comme on peut en juger par le tableau ci-dessous :

Tableau des dimensions principales des chaudières des locomotives du chemin de fer du Nord, construites d'après le système nouveau de M. Stephenson.

Caisse à feu, longueur.	0m, 941
— largeur.	0., 966
— hauteur.	1 , 215
Surface de chauffe directe, en mètre carré.	5 ,3638
Tubes, longueur.	3 , 982
— diamètre intérieur.	0 , 045
— nombre.	125
Surface de chauffe par contact, en mètre carré	68 , 920
Surface de chauffe totale, en mètre carré.	74 ,2857
Surface de chauffe réduite, en mètre carré.	28 ,3377

La longueur de la partie cylindrique a été ainsi portée de 2m 20 à 3m 85, et la surface de chauffe augmentée de moitié. Ce résultat est très-remarquable et dénote un très-grand progrès qui n'est pas, du reste, le seul qui ait été accompli depuis quatre ans.

2° *Tuyaux de communication de la chaudière aux cylindres.* — Suivant la position de la prise de vapeur, ces tuyaux sont plus ou moins longs. Ils se composent d'un premier tuyau dont la section est égale au 1/12 environ de la section des deux cylindres réunis, traversant la plaque de séparation de la chaudière et de la boîte à fumée. Là, deux autres tuyaux dont les sections sont moitié de celle du précédent, établissent la communication entre ce tuyau et les boîtes à vapeur. Les deux tuyaux sont coudés de manière à ne pas couvrir aucune partie de l'espace de la plaque occupé par les tubes.

3° *Appareils de sûreté.* — Les appareils de sûreté pour locomotives se composent de deux soupapes de 10 à 11 centimètres de diamètre, à leviers et à ressorts; un niveau indicateur en verre, trois robinets vérificateurs; un sifflet à main pour prévenir. Incessamment, elles seront munies d'un manomètre à air libre d'une disposition particulière.

II. Distribution. — 1° *Régulateur.* — Le régulateur se construit de différentes manières : tantôt c'est un disque, appelé papillon, qui tourne sur un autre. Ces deux disques sont percés chacun de deux orifices formant des secteurs dont la surface est à peu près égale à celle d'un quart de cercle, de manière qu'il puisse y avoir recouvrement des vides par les pleins, quand on les

met en présence; tantôt c'est un tiroir, tantôt c'est une soupape.

On employait autrefois un robinet; cette disposition existe encore dans les machines de M. Bury (de Liverpool). De tous ces régulateurs, le tiroir et la soupape nous paraissent les meilleurs, parce que ce sont eux qui, sans se détériorer, ferment le plus longtemps et le mieux.

2° *Distributeurs.* — La distribution se fait toujours au moyen de tiroirs; pendant longtemps elle s'est faite sans détente aucune. Les expériences de MM. Flachat et Petiet sur les locomotives de Saint-Germain et Versailles (rive droite), firent connaître les avantages qu'il y avait à donner de l'avance aux tiroirs et du recouvrement. En 1841, M. Jullien proposa, pour les locomotives, l'emploi d'une détente à deux tiroirs superposés, qu'il avait exécutée avec succès sur des machines à vapeur ordinaires. A peu près à la même époque, M. Clapeyron essayait d'adapter à une locomotive du chemin de fer de Saint-Germain le système de détente de M. Edwards.

Nous n'avons pas à revenir ici sur l'importance de l'emploi de la détente et sur l'économie de combustibles qu'elle procure; nous indiquerons seulement les moyens de construction qui permettent d'obtenir la détente et de la faire varier.

En 1844, M. Meyer, mécanicien à Mulhouse, présenta à l'exposition une locomotive dont la détente est, comme celles de MM. Edwards et Jullien, à deux tiroirs superposés. Elle en diffère seulement en deux points, savoir :

1. Le tiroir supérieur est doué d'un mouvement continu que lui communique la tige du piston à vapeur par l'intermédiaire du contre-guide et d'un levier; 2. le tiroir est en deux parties qui peuvent s'écarter ou se rapprocher à volonté au moyen de deux vis montées sur un même axe recevant son mouvement par l'intermédiaire de petits pignons d'engrenage.

Cette année, nous voyons apparaître deux nouveaux systèmes de détente variable à deux tiroirs, savoir : la détente de M Gunzenbach, la détente de M. Delpêche.

Avant d'entrer dans les détails de construction de ces deux nouvelles détentes, il est bon de faire connaître ce qui se passa avant leur apparition. La substitution des cylindres extérieurs aux cylindres intérieurs se fit d'abord, tout naturellement, dans les locomotives du chemin de fer de Rouen. La distribution était placée sur les cylindres et recevait son mouvement par l'intermédiaire de barres et crochets d'excentriques, de leviers et arbres de tiroirs. Bientôt on pensa que, s'il était absolument nécessaire de mettre les cylindres en dehors de la boîte à fumée, il était néanmoins possible de conserver les tiroirs à l'intérieur. Pour cela il fallait les mettre verticaux au lieu de horizontaux, ou tout ou moins très-inclinés. Cette disposition de tiroirs de côté avait déjà été essayée par M. Stephenson pour cylindres en dedans des roues, mais n'avait pas paru très-satisfaisante; cependant elle permettait de n'avoir qu'une seule boîte à vapeur pour les deux tiroirs. On lui objectait néanmoins l'inconvénient de ne pas bien fermer les lumières et d'augmenter le frottement.

A la longue, comme il arrive toujours aux nouvelles inventions, on s'est familiarisé avec cette importante disposition et on n'en veut plus d'autres; nous disons importante, parce qu'elle supprime d'un seul coup le crochet d'excentrique, le levier de dito, l'arbre du tiroir et ses deux supports, enfin le levier du tiroir. Aussi en résulta-t-il que la mise en mouvement de deux tiroirs par deux tiges séparées, qui avant présentait de grandes difficultés, ne fut plus rien du tout, comme on va le voir.

Les détentes de MM. Gunzenbach et Delpêche sont toutes deux basées sur l'emploi d'un second tiroir se mouvant dans une boîte particulière.

Elles diffèrent entre elles par une petite particularité qui existe dans la transmission du mouvement et rend la détente de M. Delpêche préférable à celle de M. Gunzenbach. La marche en avant et la marche en arrière sont réglées par deux excentriques. Une coulisse aux extrémités de laquelle sont assemblés à charnière les bras d'excentriques peut circuler verticalement sur un glissoir fixé à la tige du tiroir inférieur. Quand l'une des extrémités de la coulisse se trouve en présence du glissoir de la tige, l'un des excentriques communique son mouvement au tiroir, tandis que l'autre travaille à vide.

Quand le milieu de la coulisse se trouve en présence du glissoir de la tige, les deux excentriques travaillent à vide, et le tiroir se place au milieu de sa course. Cette coulisse, qui remplace aujourd'hui fort avantageusement les fourchettes ou V des barres d'excentrique, a été imaginée par M. Cabry.

Dans la détente de Gunzenbach, l'excentrique de la marche arrière est assemblé à charnière avec une bielle communiquant le mouvement à un levier dont le point fixe est en arrière du tiroir. Ce levier est muni d'une rainure intérieure, dans laquelle peut circuler un galet mobile sur le goujon d'une charnière par laquelle se termine la bielle du tiroir de détente. La position de ce galet se détermine à la main. Plus il est près du point fixe du levier, plus la course du tiroir supérieur est petite; plus il en est loin, plus elle est grande.

Dans la détente Delpêche, l'excentrique de la marche arrière est muni d'un second cercle dont la queue se termine par une charnière à galet mobile dans la rainure du levier, dont le point fixe est en arrière du tiroir est le point d'attache de la bielle du tiroir de détente. Comme dans l'appareil précédent, la détente varie selon la position du galet de la queue du cercle, dans la rainure du levier. Bien que cette disposition semble un cas particulier de la précédente, elle en diffère essentiellement en ce que : 1. quand le galet de la queue du cercle

monte ou descend, la position de l'excentrique par rapport à ce galet varie, et cela dans une telle proportion, que les résultats obtenus diffèrent essentiellement de ceux donnés par la détente Gunzenbach ; 2. l'ouverture qui se trouve à la partie inférieure de la rainure du levier permet de marcher sans détente ; pour cela il suffit d'y mettre le galet de la queue du cercle. Le tiroir supérieur se trouve alors fixe.

3° *Tirage*. — Un tirage actif a lieu par l'effet de la vapeur lancée dans la cheminée à sa sortie du cylindre. La contre-pression contre le piston, qui résulte de la nécessité de donner une faible ouverture à la tuyère, afin que le jet de vapeur ait une vitesse suffisante et produise un tirage convenable, a été l'objet d'expériences récentes de MM. Gouin et Lechatelier. Ils ont trouvé que, dans certains cas, cette contre-pression s'élevait jusqu'à la valeur énorme de 0,50 de la pression de la vapeur, et par suite qu'elle cause une perte de travail considérable. Ce résultat a fait penser de nouveau à l'emploi de ventilateurs pour déterminer le tirage, système déjà essayé à l'origine des locomotives, moins simple que le système actuel, mais qui entraînerait peut-être une perte de travail moindre.

M. Polonceau a trouvé avantage à construire, pour les locomotives du chemin de fer d'Alsace, une tuyère composée de deux parties pouvant se rapprocher ou s'éloigner. Le mécanicien peut alors diminuer le tirage, et par suite la contre-pression à sa volonté, ce qui permet d'économiser le combustible dans divers cas.

III. Cylindres a vapeur. — Après ce qui a été dit sur cette partie des locomotives dans la description historique, et précédemment, il ne reste rien de particulier à en dire ici.

IV. Transmission du mouvement. — La transmission du mouvement du piston aux roues motrices ne s'est fait remarquer depuis quelques années que par les augmentations successives de force qui ont été données aux différentes pièces dont elle se compose. Nous nous abstiendrons d'en parler ici.

V. Alimentation. — Dans les locomotives à cylindres sous la boîte à fumée, l'alimentation s'effectue par deux pompes ayant chacune un piston plein, dont la course est égale à celle des pistons à vapeur. Ces pompes se placent sur la grande traverse extérieure, le plus près possible du châssis, de manière à ce qu'on puisse refaire facilement la garniture des pistons. Dans les locomotives nouvelles, le dessous de la chaudière cylindrique se trouvant débarrassé des excentriques, manivelles coudées et grandes traverses, tandis que l'emplacement habituel des pompes y est encombré des pièces de transmission du mouvement, on a déplacé ces dernières et on les a logées tout à fait au-dessous de la chaudière cylindrique. Mais alors il devient impossible de faire mouvoir leurs pistons de la même manière qu'auparavant, et on remplace par des excentriques l'appareil simple de transmission de mouvement de la tête de la tige du piston à vapeur à celui de la pompe. Cette disposition a nécessairement entraîné avec elle une diminution de course et une augmentation de diamètre des pompes. Sans la blâmer positivement, nous pensons que l'on reviendra à l'ancienne méthode pour mouvoir les pistons de pompes alimentaires ; et, au lieu de les en séparer, on coulera les pompes alimentaires avec les cylindres, comme cela se pratique dans les machines horizontales du Creusot. De cette manière les boîtes à soupapes se trouveront placées à l'avant des machines et seront très-faciles à visiter.

Les tenders des locomotives ont subi peu de modifications. Ils consistent toujours en une capacité rectangulaire, séparée en deux compartiments dont l'un reçoit la quantité d'eau nécessaire à l'alimentation de la chaudière pour un parcours déterminé, l'autre la quantité de charbon aussi nécessaire pour le même parcours. En avant du tender sont placées, en forme de banc, deux boîtes renfermant, l'une l'huile et les chiffons nécessaires pour le graissage et le nettoyage de la machine, l'autre les outils nécessaires pour les petites réparations qui peuvent survenir pendant la marche.

VI. Bati. — La partie importante du bâti d'une locomotive est le châssis ; viennent ensuite les roues, les essieux, les boîtes à graisse de ces derniers.

Le *châssis* est, dans les locomotives, ce qu'est la plaque de fondation dans les machines à vapeur ordinaires. C'est un cadre rectangulaire composé de pièces de bois de chêne dont la section a 8 à 10 centimètres de large sur 20 de haut, recouvertes latéralement de plaques de tôle forte, de 1 centimètre d'épaisseur, sur toute leur hauteur. De 20 en 20 centimètres environ sont placés des couples de boulons répartis convenablement sur la hauteur et servant à relier les trois pièces ensemble. Aux angles, de fortes équerres en fer, placées intérieurement et extérieurement, puis reliées également par des boulons, rendent les quatre côtés parfaitement solidaires les uns des autres.

Ainsi disposé, le châssis supporte la chaudière au moyen de six oreilles adaptées à cette dernière en trois points de chacune de ses faces latérales, savoir, à la boîte à feu, à la partie cylindrique, à la boîte à fumée. Sur le derrière, le châssis est recouvert d'une plate-forme en tôle servant d'emplacement au machiniste et au chauffeur ; cette plate-forme est surmontée latéralement de deux garde-fous en fer pour empêcher les accidents. Le châssis est supporté sur les essieux des roues par l'intermédiaire de six ressorts en acier portant directement sur les *boîtes à graisse*.

Ces boîtes à graisse oscillent verticalement entre deux guides en fonte, maintenus par des plaques en tôle de fer rapportées au châssis et portant l'écrou des plaques de

garde. Ces plaques de garde sont reliées les unes aux autres par des tirants en fer qui servent en même temps à consolider le châssis.

Cette disposition du châssis droit présente deux inconvénients, savoir : Le premier, c'est que les roues d'avant et d'arrière étant plus petites que les roues motrices, il faut allonger beaucoup les plaques de garde pour aller recevoir les boîtes à graisse de leurs essieux, ou qu'il y ait asssez de différence entre leur diamètre et celui des roues motrices pour qu'on puisse placer le châssis entre les essieux de manière à avoir les boîtes à graisse des petites roues en dessous et celles des roues motrices en dessus. Le second, c'est que les plaques de garde ainsi rapportées ne présentent pas une grande solidité.

MM. Sharp et Roberts, de Manchester, ont les premiers entrepris de remédier à cet inconvénient en construisant leurs châssis *courbes*, c'est-à-dire ondulés sur les faces latérales, de manière à se trouver à la même hauteur au-dessus des essieux des roues motrices et des petites roues. Cette modification dans la forme du châssis, qui changeait tout le travail de construction des plaques longitudinales, permit d'en exécuter une seconde, savoir, la réunion en une seule pièce des plaques de garde et des plaques longitudinales.

Tant que les cylindres restèrent sous la boîte à feu, les châssis de MM. Sharp et Roberts furent considérés comme les meilleurs, et s'ils ne furent pas généralement adoptés, c'est qu'ils présentaient d'assez grandes difficultés dans l'exécution.

Dans les nouvelles machines où les cylindres sont en dehors, on ne reconnaît, pour ainsi dire, plus de châssis. Il se trouve modifié si fortement à l'endroit de la transmission de mouvement, que la construction a complétement changé. On a néanmoins conservé ce qu'y ont introduit de bon MM. Sharp et Roberts, savoir, le rapprochement des parties fortes du châssis aux essieux des petites roues, et les plaques de garde d'une seule pièce avec les plaques longitudinales.

Les *manivelles* se trouvant en dehors des roues motrices, il fallut supprimer l'appareil des boîtes à graisse de ce côté pour reporter en dedans et à sa suite la portion du châssis qui porte dessus. On a donc aujourd'hui en quelque sorte deux châssis : l'un intérieur, composé de deux grandes traverses aboutissant d'une part à la caisse à feu, d'autre part à la boîte à fumée, et portant sur l'essieu moteur par l'intermédiaire de ressorts; l'autre extérieur, portant sur les essieux des petites roues et enclavant dans son intérieur la transmission du mouvement, parce qu'il faut qu'il y ait liaison entre les portions de ce châssis existant de chaque côté des grandes roues.

Les roues se composaient naguère encore de bras en fer forgé, soudés à une jante intérieure de un ou plusieurs morceaux, et recouverte d'une jante en fer à rebord d'une seule pièce, posée à chaud et maintenue en place par des boulons rivés à chaud. Nous voyons, dans les locomotives du chemin de fer du Nord, une modification à cette disposition qui, si elle réussit, amènera une grande économie dans la construction de ces pièces. La jante se compose de deux cercles, dont l'un à rebord. Les bras, non soudés à la jante, mais simplement assemblés à boulons rivés avec la jante intérieure, sont composés de deux bandes de fer plat à nervure au milieu, formant par juxta-position une pièce dont la section est une croix à quatre bras égaux. Chacune de ces bandes de fer est courbée de manière à venir porter sur la jante, d'une part, et à avoir, d'autre part, ses extrémités noyées dans l'essieu en fonte coulé dessus.

Nous désirons vivement que ce nouveau mode de construction des roues soit couronné de succès. La seule chose que nous craignons, c'est la rupture des boulons rivés d'assemblage des jantes avec les portions des bandes formant les bras qui passent dessous; car ce n'est pas sans motif que l'on a été amené à souder les bras aux jantes des roues.

Nous terminerons par quelques mots sur les *boîtes à graisse*. Ces boîtes se font tantôt en fonte, tantôt en cuivre, avec coussinets intérieurs généralement en bronze. Le bronze est certainement le métal par excellence pour les coussinets, mais il exige l'emploi d'une quantité notable d'huile, sans quoi il ne tarde pas à s'échauffer et à gripper. Dans quelques locomotives, on a tenté d'employer des coussinets en fonte, genre de coussinets qui prennent tous les jours de l'extension dans les machines fixes. Nous ignorons s'ils ont donné de bons résultats; mais ce qu'il y a de certain, c'est qu'ils consomment moins d'huile que les autres et ne grippent jamais.

Aujourd'hui ce que l'on cherche avant tout dans les machines, c'est de graisser le moins possible; on a enfin reconnu que le graissage entraîne avec lui un très-grave inconvénient, savoir, la formation d'une crasse qui, durcissant tous les jours, rend très-pénible le nettoyage des parties intérieures. Les coussinets en fonte sont un des moyens d'arriver à peu graisser, et notre avis est qu'on doit les employer, autant que possible, jusqu'à temps qu'il soit bien démontré qu'ils ne valent rien, résultat peu probable et contraire à tous ceux qui ont été obtenus jusqu'ici (1).

LOGARITHMES. — Cette admirable invention, qui a tant contribué aux progrès des sciences mathématiques et astronomiques, est due au baron John Neper qui, vers l'année 1614, en fit connaître les remarquables propriétés. Nous en donnons la théorie complète d'après M. J.-B. Biet; nous ne pensons pas pouvoir trouver sur ce sujet quelque chose de plus clair et de plus complet à la fois.

(1) Cet article est extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

On appelle progression arithmétique une suite indéfinie de nombres tels que chacun d'eux diffère autant de celui qui le précède que de celui qui le suit. Ainsi dans la suite 7, 10, 13, 16, 19, etc., le nombre 13, par exemple, dépasse 10 de trois unités : on appelle progression géométrique une suite indéfinie de nombres tels que chacun d'eux contient celui qui le précède autant de fois qu'il est lui-même contenu dans celui qui le suit. Ainsi dans la suite 12, 24, 48, 96, 192, etc., le nombre 48, par exemple, contient 24 deux fois, comme il est contenu deux fois dans 96. Maintenant supposons que deux progressions de l'une et de l'autre espèce soient mises en regard l'une de l'autre, la progression géométrique commençant par l'unité, la progression arithmétique commençant par 0, ainsi que cela existe dans les deux suites ci-après, choisies d'ailleurs arbitrairement :

Géométrique : 1, 3, 9, 27, 81, 243, etc.
Arithmétique : 0, 2, 4, 6, 8, 10, etc.

Deux progressions ainsi composées et placées de cette manière jouissent de la propriété suivante, savoir : Si dans la première on forme le produit de deux termes quelconques, 3 et 27, par exemple, ce qui donne 81 ; si en même temps, dans la seconde, on fait la somme des deux termes correspondants 2 et 6, ce qui donne 8, les deux nombres 81 et 8 seront deux termes correspondants des deux *suites*. Réciproquement, si dans la première on forme le quotient de deux termes quelconques, 243 et 27, par exemple, ce qui donne 9 ; si en même temps, dans la seconde, on prend la différence des deux termes correspondants 10 et 6, ce qui donne 4, les deux nombres 9 et 4 seront deux termes correspondants des deux suites. De cette propriété résulte cette autre, savoir : Si l'on élève un des deux termes quelconques de la première suite, 3, par exemple, au carré, au cube ou à toute autre puissance, ce qui donnerait respectivement 9, 27, etc., ces nombres auront pour correspondants, dans la seconde suite, respectivement 4, 6, qui résultent du produit de 2 *correspondant* de 3, par 2, 3, ou autre indice de la puissance. Réciproquement, si on tirait la racine cubique de 27, ou la racine carrée de 9, on retomberait sur le nombre 3 auquel correspond le nombre 2, résultant de la division de 6 par 3 ou de 4 par 2.

Il ne s'agit point ici de nous appesantir sur la démonstration de ces principes; elle dériverait facilement de la composition générale des progressions : nous nous bornerons à faire remarquer que ces déductions se vérifiant presque d'évidence, dans le cas où la progression arithmétique se compose des nombres naturels 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc., elles devront exister pour toute autre progression arithmétique, puisqu'une progression de cette espèce, quelle qu'elle soit, est toujours le produit de la suite des nombres naturels par un facteur déterminé, qui n'est autre que la *raison* de cette progression, c'est-à-dire le rapport constant entre deux termes successifs. Ainsi il peut exister un nombre infini de systèmes de deux progressions analogues aux précédentes, qui jouiront des propriétés énoncées ci-dessus. Dans tout système de ce genre, chaque terme de la progression arithmétique est dit le *logarithme* du terme qui lui correspond dans la progression géométrique. D'après cela on doit conclure que, pour un système quelconque de deux progressions, 1° le logarithme du *produit* ou du *quotient* de deux termes quelconques de la progression géométrique sera égal respectivement à la *somme* ou à la *différence* des logarithmes de ces deux termes ; 2° la *puissance* ou *racine* quelconque d'un des termes quel qu'il soit de la progression géométrique aura pour logarithme respectivement le *produit* ou le *quotient* du logarithme de ce terme, par le nombre qui marque le degré de cette puissance. D'où il résulte que, pour un même système de progressions, le calcul des termes de la progression géométrique, par voie de produits, quotients, puissance et extraction de puissances, peut être ramené respectivement à un simple calcul d'additions, soustractions, multiplications et divisions, en n'opérant que sur les logarithmes de ces termes ; avantage inappréciable lorsqu'il s'agit d'effectuer des combinaisons arithmétiques sur des nombres élevés. Considérés sous le point de vue de la simplification qu'ils apportent dans les calculs, les logarithmes font en quelque sorte une langue nouvelle dans la science des nombres : cette propriété leur a peut-être valu leur dénomination, si l'on n'aime mieux s'en tenir à l'étymologie grecque λόγος dans le sens de proportion, et αριθμεω, je compte. D'après ce qui précède, la faculté de pratiquer des simplifications de calculs semblerait ne s'appliquer qu'à des nombres faisant partie d'une suite de termes en progression géométrique. On a dû chercher à l'étendre à tous les nombres possibles : voici comment on y est parvenu.

On est parti du système particulier de deux progressions spéciales, dont l'une, géométrique, a pour raison 10, et conséquemment a pour termes les unités d'ordres différents qui entrent dans la numération décimale; l'autre, arithmétique, qui se compose de la suite naturelle des nombres. Ces deux séries sont :

Géom. : 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, etc.
Arithm. : 0, 1, 2, 3, 4, 5, etc.

Selon ce que nous avons expliqué précédemment, 0 est le logarithme de 1 ; 1 est le logarithme de 10 ; 2 est le logarithme de 100 ; 3 est le logarithme de 1000 ; etc. Il s'agissait d'obtenir les logarithmes des nombres compris entre 1 et 10 ; entre 10 et 100, 100 et 1000, etc. A cet effet, on a inséré, entre les deux termes 1 et 10 de la première série, un grand nombre de *moyens* géométriques, c'est-à-dire une suite de termes observant entre eux une même gradation, autrement dit, le même rapport de quotité d'un terme à un autre. Parmi ces termes ont dû se trouver nécessairement les nombres 2, 3, 4, 5,..., intermédiaires entre

1 et 10, ou du moins des nombres fractionnaires qui en différaient d'autant moins que le nombre de moyens insérés était plus grand. D'autre part on a inséré entre les deux termes 0 et 1 de la seconde série, un même nombre de moyens arithmétiques, c'est-à-dire une suite de termes équidifférents, dont chacun est devenu le logarithme du terme occupant le même rang dans la suite géométrique. Pareille opération a été effectuée sur les deux termes consécutifs 10 et 100 de la première série, ainsi que sur les termes 1 et 2 de la seconde. On a agi d'une manière semblable de 100 à 1000 et de 2 à 3; puis de 1000 à 10000 et de 3 à 4, etc. Ce laborieux travail exécuté, il n'est plus resté qu'à extraire de la série géométrique tous les nombres successifs de la suite naturelle ou leurs plus approchants, représentés par ces nombres mêmes, en négligeant les différences d'ailleurs inappréciables, puis de noter en même temps les termes correspondants dans la série arithmétique. Le recueil de ces deux suites, établi en colonnes verticales, forme ce que l'on appelle une *table de logarithmes*. C'est à l'aide de cette sorte de vocabulaire numéral que l'on peut transformer, dans toutes les opérations arithmétiques, la multiplication en addition, la division en soustraction et les calculs les plus compliqués de puissances en simples multiplications et divisions. On doit remarquer, en se portant aux deux progressions fondamentales qui ont servi de point de départ, que les logarithmes des nombres compris entre 1 et 10 sont plus grands que 0 et plus petits que 1; ceux des nombres compris entre 10 et 100 sont plus grands que 1 et plus petits que 2, et ainsi de suite. Généralement, un logarithme est un nombre fractionnaire exprimé en chiffres décimaux; le chiffre désignant la partie entière se nomme la *caractéristique* du logarithme: il n'est jamais indiqué dans les tables, qui ne donnent que la partie décimale, parce qu'on suppose que le calculateur connaît toujours sa caractéristique, laquelle d'ailleurs est égale à autant d'unités, moins une, qu'il y a de figures en chiffres dans le nombre auquel appartient le logarithme.

Le moyen que nous venons d'indiquer pour construire une table de logarithmes n'est pas précisément celui qui a été employé; mais on doit concevoir que c'est à ce calcul qu'il revient: toute autre méthode ne serait pas susceptible d'une explication élémentaire. On pourrait cependant se rattacher encore au principe suivant: En comparant les deux progressions génériques ci-dessus, on remarque que la première est formée de toutes les puissances de 10, puisque 10 étant la 1re puissance, 100 est son carré, 1000 est son cube, 10000 sa 4me puissance, etc. Il est à observer que le degré de la puissance, à chaque terme, est marqué par le nombre de zéros qu'il renferme, lequel est en même temps égal au terme de la seconde progression qui exprime le logarithme. On peut donc dire que pour chacun de nombres tels que 10, 100, 1000, etc., leur logarithme est l'indice de la puissance à laquelle il faut élever 10 pour former ce nombre. Mais parce que, pour tous les nombres intermédiaires insérés entre les précédents, il y a gradation uniforme, tant entre les nombres qu'entre leurs logarithmes, on pourra dire plus généralement que le logarithme d'un nombre quelconque est le degré de la puissance à laquelle il faut élever 10, pour former ce nombre. Une propriété analogue s'étendrait à toute progression géométrique autre que la progression décimale, qu'on mettrait en regard de la suite naturelle des nombres; exemple, les deux progressions:

Géométrique : 1, 3, 9, 27, 81, 243, etc.
Arithmétique : 0, 1, 2, 3, 4, 5, etc.

La première se compose des puissances successives de 3; la deuxième se compose des nombres qui indiquent à quel degré il faut élever 3, pour former chacun des termes de la série supérieure. On pourra donc énoncer en toute généralité que *le logarithme d'un nombre donné est l'indice ou exposant de la puissance à laquelle il faut élever un nombre déterminé, pris comme base, pour former le nombre donné.* Enfin cette définition conviendrait encore, lors même que la progression arithmétique ne serait pas formée des nombres naturels, mais par leurs multiples, comme dans les deux progressions posées au commencement de cet article; avec cette variante toutefois, que le logarithme serait égal à l'exposant de la puissance, multipliée par un facteur constant, qui n'est autre que la raison de la progression arithmétique. C'est à ce mode de génération que l'on rapporte le plus fréquemment les logarithmes, dans les calculs mathématiques.

On doit l'invention des logarithmes à John Neper, baron écossais, qui, à bon droit, la qualifia lui-même *d'admirable*. L'ouvrage qui annonçait et expliquait sa découverte portait le titre de *Canon mirificus logarithmorum;* les exemplaires en sont maintenant très-rares; leur date remonte à 1614. Si on doit en croire les biographies, quoique titré, Neper n'était point aisé; il vécut à la suite d'un prince allemand qui l'avait pris auprès de lui en qualité de *maître mathématicien*. Ses émoluments étaient inscrits, sur le rôle des dépenses de la maison, à côté de ceux des gens de services et même après le traitement du fou, charge qui, à cette époque encore, avait le pas sur celle du savant. Les conséquences de la belle invention de Neper ont été immenses pour la science; elles ont changé complétement la marche des calculs de mathématiques; elles ont plus que doublé pour ainsi dire l'existence des astronomes et des marins, puisqu'elles ont ramené à quelques heures de travail des calculs compliqués qui auparavant exigeaient des mois entiers. L'emploi des tables de logarithmes s'est répandu jusque dans les usages de la banque et du commerce; il deviendra de plus en plus indispensable à mesure que la pratique du système métrique se propagera.

Les logarithmes inventés par Neper ne

sont pas ceux qui sont aujourd'hui employés; il avait adopté pour base une certaine progression géométrique qui s'accordait spécialement avec l'application qu'il voulait en faire aux lignes trigonométriques dites ***sinus, cosinus, tangentes***, etc., principalement usitées dans la marine et l'astronomie. Cependant ce fut de son temps et avec son approbation, que Henri Briggs, géomètre anglais, proposa de partir de la progression décimale qui devait mettre les logarithmes à la portée des usages vulgaires. Les premières tables imprimées de cette sorte de logarithmes ont paru en 1624, et furent promptement réimprimées avec augmentation par Vlacq, en 1628. Depuis on a dressé des tables plus complètes, entre lesquelles on distingue particulièrement celles de Gardiner et celles de notre compatriote Borda; mais leurs formats volumineux sont peu propres à l'usage habituel. En 1795, on manquait encore d'une table de logarithmes portative: François Callet, savant laborieux, dont Lalande a fait un juste éloge dans son ***Histoire de l'astronomie***, combla alors cette lacune par la publication des tables qui portent son nom: il est parvenu, par des méthodes ingénieuses, à resserrer dans un seul volume toutes les tables nécessaires aux besoins vulgaires et à ceux de l'astronomie. Il serait injuste de ne pas tenir compte à l'habile typographe de la part de mérite qui lui revient dans cette entreprise. Ce fut à l'occasion de ce grand travail, que Firmin Didot a fait la première application du procédé de ***stéréotypage*** (*Voy.* STÉRÉOTYPIE), qui, en conservant toujours pour ainsi dire la même composition, permettait de corriger à chaque tirage les fautes qu'on avait découvertes, sans jamais s'exposer à en faire de nouvelles. Cet intéressant ouvrage est devenu d'un usage général, même à l'étranger; de longtemps il ne sera besoin de le remplacer.

Certaines relations qui existent entre les ***abscisses*** et les ***ordonnées*** d'une ***hyperbole*** rapportée à ses ***asymptotes***, et d'où il résulte que les espaces compris entre l'asymptote, la courbe et deux de ses ordonnées sont en progression arithmétique, lorsque les abscisses sont en progression géométrique, propriété qu'on énonce en disant que ***les aires hyperboliques sont les logarithmes des abscisses correspondantes***, ont fait donner par allusion la dénomination de ***logarithmes hyperboliques*** aux logarithmes primitifs de Neper. Mais il est facile de prouver qu'il n'y a point de système de logarithmes à base décimale, qui ne puisse avoir sa représentation graphique à l'aide d'une hyperbole. L'expression de logarithmes hyperboliques est donc impropre pour particulariser le système spécial dont Neper a fait usage; c'est avec raison qu'aujourd'hui on l'a à peu près abandonnée, pour lui substituer celle des ***logarithmes népériens***, beaucoup plus convenable sous tous les rapports, en même temps qu'on a adopté la dénomination de ***logarithmes vulgaires*** pour les logarithmes à base décimale, publiés en premier par Briggs. (*Voy.* ***Encyclopédie des gens du monde***, t. XVI, IIe partie.)

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. — Voici ce que dit M. A. Mallet sur les essais tentés pour substituer ce genre d'éclairage à celui employé aujourd'hui. (*Voy.* ***Dictionnaire des Arts et Manufactures.***) « Nous ne connaissons d'essai sur l'emploi de cette lumière, que celui tenté par M. Deleuil, place de la Concorde. Voici en quoi il consiste:

« Sur l'un des pavillons portant les statues qui ornent cette place, sur celui de Lille, on a placé, sur les genoux de la statue, une planchette supportant un globe de verre de forme ovoïde, renfermant un appareil de Davy, consistant en des tiges de cuivre armées de charbons aiguisés à leur extrémité, imbibés de mercure et formant un cône; ces tiges devaient, après que le vide aurait été opéré sous le globe au moyen de la machine pneumatique, projeter un jet de lumière lorsque leurs extrémités seraient mises en communication avec les deux pôles d'une pile galvanique placée dans l'intérieur du pavillon. Cette pile, conforme à celle qu'a fait connaître M. Bunsen, avait été établie par MM. Deleuil, opticien, et Archereau, qui devaient expérimenter eux-mêmes. La pile galvanique, qui devait produire le courant constant, était disposée sur une table, et composée de deux cents éléments, ou couples, suivant le système de Bunsen de Marbourg. La communication entre chaque élément était établie sur une même ligne, depuis le premier élément jusqu'au dernier de cette ligne de haut en bas, puis, se rattachant à la ligne suivante, remontait de bas en haut, et ainsi de suite jusqu'au dernier élément. Les deux derniers éléments terminant la pile portaient des tiges auxquelles se fixaient les fils en métal qui, sortant tous deux par la croisée, allaient rejoindre les extrémités des tiges de cuivre armées des charbons coniques, placés sous le verre fixé sur la planchette arrêtée sur les genoux de la statue.

« La pile ayant été mise en action et produisant le courant constant nécessaire pour cette opération, l'on a éteint tous les becs de gaz de la moitié de la place au nombre de 50 dans le sens de la longueur, la place contenant 100 becs, de telle sorte que du milieu de la place, partant de l'obélisque jusqu'au jardin des Tuileries, il régnait une obscurité complète.

« Le vide ayant été opéré sous le globe qui avait 0 m 30 de diamètre, l'on a vu de suite apparaître à 6 m 00 au-dessus du sol environ, un jet de lumière effaçant de beaucoup celle du gaz, et donnant à la flamme de ce dernier la couleur de celle d'une mauvaise lampe. Cet éclairage, d'une couleur blafarde comme celle de la lune, projetait des rayons qui ne fatiguaient nullement la vue. Au moyen de réflecteurs dont l'un avait 0 m 25 de diamètre, et l'autre de 0 m 72, on a envoyé dans des directions différentes des projections lumineuses qui se sont étendues jusqu'au garde-meuble de la couronne, la base de l'obélisque, la grille du jardin des

Tuileries, et assez forte pour que l'on pût distinguer facilement ces objets comme par un clair de lune; nous avons pu lire très-facilement à l'aide de ce rayon lumineux à 150 m de distance; cette expérience a duré une heure. L'appareil aurait pu donner, dit-on, une lumière aussi intense pendant six heures.

« M. Bunsen avait fait un essai sur une batterie de 48 couples, et le résultat de ses expériences l'avait amené à obtenir, par l'éloignement des pointes des charbons, un jet de lumière de 0 m 007 de longueur, dont l'intensité avait été, au moyen d'un appareil de son invention, comparée à celle que produirait 572 bougies stéariques ou 63 becs de gaz. La dépense pour entretenir cette lumière pendant une heure pour une lumière égale à celle du gaz, était de 0 k. 300 d'acide sulfurique, et de 0 k. 466 d'acide nitrique.

« Il résulte de calculs analogues que la pile dont il est ici question a dû produire une lumière égale à celle de 225 becs de gaz réunis en faisceau, ou bien de 2,025 bougies stéariques. Quant à la dépense, selon quelques assertions, dont nous ne garantissons pas non plus l'exactitude, elle aurait été pour cette durée de l'expérience, tant pour le zinc, l'acide et le charbon sous le globe, que pour opérer le vide, de 10 fr. 50 c.

« Mais, comme l'a fort bien remarqué Becquerel, il y a dans l'emploi de la pile de M. Bunsen deux inconvénients graves. L'acide nitrique étant décomposé en quantités d'autant plus grandes, que l'action est plus vive, il y a un dégagement de gaz nitreux qui finit par incommoder les ouvriers lorsqu'ils se trouvent dans un espace étroit, et qui attaque tous les corps métalliques. Il arrive aussi un moment où le courant cessant d'être constant, l'appareil ne peut plus produire un jet de lumière d'une égale intensité, et bien plus, dans un temps donné, cette lumière doit cesser tout à coup. Cette interruption du courant constant provient des effets d'endosmose qui ont lieu entre les deux liquides, par l'intermédiaire du diaphragme en terre poreuse, et par suite desquels les liquides venant à se mélanger, il arrive un point où le courant cesse d'être constant.

« Nous ferons aussi remarquer que le mercure renfermé dans les pores des cônes de charbon (on les calcine et on les éteint dans le mercure), se volatilise et se dépose sur les parois du ballon, qu'il prive de leur transparence. On eut dû éteindre les cônes dans l'acide carbonique. »

Il ne faudrait pourtant pas croire que les résultats qui précèdent soient le dernier mot de la science; de nombreuses expériences, de savants travaux se poursuivent tous les jours. Les temps arriveront peut-être où ces grandes questions de l'électricité et de la lumière seront enfin acquises à l'humanité. — *Voir* à l'article Piles les expériences faites à Londres et à Saint-Pétersbourg, par M. Lemolt.

LUNETTES. — *Optique*. — Nom que l'on donne à différents instruments dont l'effet est de renforcer l'action de la vue. Les lunettes sont simples ou composées, suivant qu'elles interposent un ou plusieurs verres entre l'œil et les objets qu'on veut regarder.

On sait que les verres sphériques, convexes ou concaves, corrigent l'aplatissement de l'œil *presbyte*, ou la convexité de l'œil *myope*, en donnant aux rayons lumineux une réfraction convenable. C'est cette propriété qu'on a mise à profit pour la construction des lunettes. De ce que nous avons dit de la réfraction de la lumière (*Voy.* Optique), il est aisé de déduire l'importance qu'il y a de bien choisir pour cet usage les verres destinés à réfracter les rayons; puisque, si au lieu d'avoir à traverser une masse de verre bien égale dans toutes ses parties, ils rencontrent des filaments plus ou moins vitrifiés ou des bulles d'air restées dans le verre, ce qu'on appelle *points* ou *bouillons*, il est évident que les rayons lumineux subiront différents dérangements dans leur route à chaque variation de la substance, et ne produiront qu'une image indécise. C'est là ce qui fait préférer les glaces coulées aux glaces soufflées. Les verres qu'on emploie sont rarement d'un blanc parfait, et conservent généralement une teinte colorée. Mais cette légère teinte, pourvu qu'elle soit égale, ne nuit pas à la régularité de la réfraction. On peut même en tirer parti, en choisissant pour les vues faibles et longues les verres légèrement bleuâtres, qui tempèrent ce que la trop grande quantité de rayons réunis au foyer pourrait avoir de trop brillant à l'œil; de même que les teintes tirant sur le jaune réparent, dans les verres concaves, le défaut de la lumière qui provient de la divergence des rayons.

Pour donner aux verres le degré de courbure convenable, on commence par tailler les morceaux de glace le plus circulairement qu'il est possible (*Voy.* Verres d'optique, *machine à tailler les*). Puis on les passe sur la meule, et on les cimente ensuite au bout d'une molette qui forme une espèce de manche pour la facilité du travail. Alors on les dégrossit dans un bassin de fer de la même courbure que le foyer qu'on veut obtenir, et seulement en les frottant avec du grès; mais, pour achever de les adoucir, on prend un bassin semblable, en cuivre, dans lequel on donne trois doucins successifs, c'est-à-dire qu'on met dans le bassin un émeri de plus en plus fin. Il ne reste après cela qu'à les polir. Cette opération se fait à sec, dans un bassin toujours de la courbure donnée et garni d'un papier très-légèrement saupoudré de pierre ponce et de tripoli de Venise. Tous ces bassins sont donc creux, pour les verres convexes; pour les verres concaves, on emploie des espèces de calottes qui n'exigent pas moins de régularité. Enfin, on obtient des surfaces planes sur des plaques bien dressées. Ces verres sont ensuite diversement montés. On

donne les noms de monocles et de binocles à ces lunettes à un ou deux verres, dont on ne fait pas usage continuellement. Ces lorgnons se montent en écaille, en nacre, en argent, en or, etc., soit à simple pivot, soit à ressort, soit à repoussoir. Les lunettes dites lunettes à nez, ou besicles, étaient montées en cuivre, en écaille, en acier, en argent, en or, etc. Comme elles pincent désagréablement le nez, on les a complétement abandonnées pour les montures à branches. Ces branches étaient d'abord simples, et c'est ce qu'on nommait lunettes à tempe : elles pressent les tempes comme les besicles serrent le nez ; on imagina d'en faire en écaille à branches fourchues, garnies de velours, d'une grande légèreté et d'une flexibilité parfaite. Néanmoins, les montures le plus en usage sont à doubles branches, soit à charnières, soit à pivot, soit à coulisse. On les fait également en acier, en écaille, en argent, en or, etc. C'est à ces lunettes à branches qu'on adapte des doubles verres de couleur ou du taffetas vert, au moyen de charnières, pour éviter les effets du grand jour ou pour guérir le strabisme. Il importe beaucoup, lorsqu'on veut faire usage de lunettes, de choisir des verres parfaitement appropriés aux yeux dont ils doivent corriger les défauts. Les moins convexes qu'on emploie comme lunettes ont 72 pouces de foyer : on les nomme premières conserves; viennent ensuite les verres de 60, 48, 36, et 30 pouces, qui portent encore le nom de conserves, parce que leur effet grossissant est peu sensible et qu'on les emploie plutôt comme moyen conservateur. Après les verres de 24 pouces, on les dispose à peu près de 2 en 2 pouces jusqu'à 12 pouces; ensuite de pouce en pouce jusqu'à 6; enfin de $\frac{1}{2}$ pouce en $\frac{1}{2}$ pouce jusqu'à 4 et même 3 pouces $\frac{1}{2}$. Mais, devenant ainsi de véritables loupes, ils ne sont plus employés que par des personnes dont les travaux délicats exigent un fort grossissement. Il y a donc en tout 21 à 22 forces de verres usuelles auxquelles on donne des numéros. Les verres concaves sont gradués de la même manière. Les foyers se proportionnent à l'état de l'œil, en sorte qu'on est obligé petit à petit de changer les verres de ses lunettes en observant que, pour les vues longues, les foyers ont besoin d'être diminués à mesure que l'on avance en âge, tandis que, dans les vues courtes, l'âge demande des foyers de plus en plus longs, ce qui dépend de l'aplatissement progressif de l'œil dans le cours de la vie. Il faut encore avoir égard à la distance à laquelle on a l'habitude de se tenir, les objets qu'on étudie, et de celle qui existe par suite de la conformation du nez, entre l'œil et les verres.

Les lunettes à la Franklin ont, devant chaque œil, deux segments de verre de différents foyers, placés l'un au-dessus de l'autre et occupant l'un la partie supérieure, l'autre la partie inférieure ; en sorte que la vue peut trouver deux secours divers, suivant que les yeux regardent par l'une ou l'autre de ces deux parties. On fait généralement honneur de l'invention des besicles à Roger Bacon ; mais elle paraît plus ancienne et doit remonter au milieu du XIIe siècle. La moins compliquée des lunettes composées ou lunettes d'approche est celle dont on se sert journellement aux spectacles et qu'on nomme lorgnette. Lorsqu'elles sont accouplées de manière à pouvoir s'appliquer à la fois aux deux yeux, elles prennent le nom de jumelles. Les lunettes achromatiques, qui s'allongent et se développent davantage, sont vulgairement appelées longue-vue. Ces lunettes sont composées seulement de deux verres adaptés aux deux extrémités d'un tuyau ou plutôt de tubes entrant les uns dans les autres et permettant ainsi de rapprocher au moyen d'un tirage les verres l'un de l'autre, de manière à s'approprier à toutes les vues. L'un de ces verres, convexe et large, se nomme objectif, parce qu'il reçoit les rayons envoyés par les objets vers lesquels il est tourné ; l'autre concave et plus petit, se nomme oculaire, parce qu'il est placé près de l'œil, auquel il transmet les rayons reçus par l'objectif. Dans les grandes lunettes astronomiques, où il y a plusieurs oculaires, on les compte à partir de l'objectif : le premier oculaire en est le plus près, le second oculaire vient après, et ainsi de suite, en se rapprochant de l'œil. On nomme champ de la lunette l'espace que l'on embrasse à la fois en regardant à travers, espace qui est nécessairement circulaire ; on mesure ce champ par l'angle sous lequel l'œil simple l'apercevrait. Une lunette grossit le diamètre apparent des objets autant de fois que la distance focale de l'objectif contient la distance focale de l'oculaire. La quantité plus ou moins grande de surface que présentent les verres de lunettes aux rayons de lumière se nomme ouverture ; plus l'objectif a d'ouverture, plus l'instrument a de clarté; et, plus l'oculaire a d'ouverture, plus l'instrument a de champ.

On attribue au hasard l'invention de ces lunettes. Vers 1609, un opticien, Jacques Metius ou Metru, de la ville d'Alkmaer en Hollande, suivant les uns, et, suivant d'autres, Zacharie Janssen, ou bien Jean Lippersheim, tous deux de Middelbourg, s'occupait à fabriquer des miroirs et des verres ardents. Les verres imparfaits étaient jetés de côté ; ses enfants s'en amusaient, et l'un d'eux aurait eu la fantaisie d'en prendre un de chaque main et de les mettre l'un devant l'autre, en les approchant et les éloignant. Surpris du résultat, il poussa des cris d'exclamation qui attirèrent l'attention de l'opticien : celui-ci répéta l'observation et se mit à étudier cette combinaison des verres, en les adaptant à des tuyaux qui lui permettaient de les éloigner et de les rapprocher à volonté. Quoi qu'il en soit, Galilée raconte, dans le *Nuncius sydericus*, publié au mois de mars 1610, que le bruit s'étant répandu qu'un Hollandais avait construit une lunette par le moyen de laquelle les objets éloignés paraissaient très-proches, il chercha à en composer

une semblable. Il plaça aux deux extrémités d'un tube de plomb deux verres plans d'un côté et sphériques de l'autre, mais dont l'un avait un côté concave et l'autre un côté convexe, et il put voir les objets trois fois plus près qu'à la vue simple. Galilée s'occupa dès lors à perfectionner cette invention, à laquelle il dût plus tard ses plus curieuses découvertes astronomiques. Ces sortes de lunettes ont reçu le nom de *Galilée* ou de *Hollande*, à cause de leur origine.

Dans la lunette de Galilée, les verres doivent être disposés de manière que l'image renversée des objets, produite par l'objectif, n'atteigne pas tout à fait le foyer postérieur de l'oculaire, ce qui en produit le redressement; mais le champ de cette lunette est trop petit pour qu'on puisse obtenir avec elle de très-grands grossissements. Kepler employa pour oculaire de ces lunettes des verres de convergence d'un foyer très-rapproché. Comme produite par l'objectif, il s'ensuit qu'avec ces instruments on voit les objets renversés, ce qui, du reste, est indifférent pour les observations astronomiques. Cependant, on n'obtient encore un grossissement très-considérable qu'en donnant à la lunette une longueur incommode. Pour redresser les objets de la lunette de Kepler, il suffit de placer entre l'objectif et l'oculaire d'autres verres convexes; la lunette prend alors le nom de *lunette terrestre*. Elle fut inventée au commencement du XVII[e] siècle, par le P. Theita. Le verre convexe de l'objectif est ordinairement très-large, parce qu'on cherche surtout à rassembler le plus possible de lumière et à embrasser beaucoup d'objets; mais, comme les rayons qui frappent sur les bords d'un verre d'une certaine dimension éprouvent des réfractions prismatiques, le défaut des lunettes ordinaires est de former des *iris*, c'est-à-dire de donner aux bords des objets les couleurs de l'arc-en-ciel. On diminue cet inconvénient en plaçant dans l'intérieur un diaphragme, cercle opaque percé à son centre, ou espèce d'anneaux qui ne laisse parvenir à l'oculaire que les rayons le plus régulièrement réfractés. La lunette perd un peu de son brillant, mais les objets en sont plus nets. Newton crut ce défaut incorrigible, et pour y parer il imagina un télescope dans lequel l'image des objets est reçue sur un miroir. Depuis ce temps, on divise les lunettes en lunettes *dioptriques* lorsqu'elles sont composées de lentilles seulement, et en lunettes *catoptriques* lorsque des miroirs y sont adaptés. Nous traiterons de ces dernières au mot TÉLESCOPE, nom sous lequel elles sont particulièrement connues en France, bien, qu'en général, on puisse l'appliquer à toutes les lunettes astronomiques.

Cependant la découverte des lentilles achromatiques a rendu l'usage des lunettes plus commode. Pouvant donner plus d'ouverture aux lentilles sans craindre les iris, on obtient de forts grossissements sans faire prendre aux instruments des formes trop gigantesques. Les lunettes astronomiques sont très-puissantes; il en est qui grossissent jusqu'à un millier de fois.

Pour mesurer la hauteur des astres et pour une foule d'autres opérations, les lunettes portent dans leur *champ* des fils métalliques diversement disposés, qui semblent diviser l'espace en petits carreaux, et dont la ténuité est extrême, puisqu'ils sont beaucoup plus fins que des fils d'araignée. On obtient ces fils de platine par un procédé très-ingénieux qui consiste à les recouvrir d'argent de manière à former des fils dont ceux de platine forment le centre; on les passe encore à la filière, le fil de platine s'étire proportionnellement, et enfin on plonge le tout dans l'acide nitrique, qui dissout l'argent sans agir sur le platine (1).

(1) Cet article est tiré de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

M

MACHINE A COLONNE D'EAU. — Ce genre de machine consiste en un cylindre ou gros corps de pompe, dans lequel se meut un piston poussé par le poids d'une haute colonne d'eau contenue dans un tuyau montant. On adapte à la tige de ce piston un tirant ou un balancier, qui met ordinairement des pompes en mouvement; rarement on transforme le mouvement de va-et-vient en un mouvement de rotation au moyen d'un mécanisme convenable. Les machines hydrauliques sont à simple ou à double effet; les premières sont le plus fréquemment employées. La machine règle elle-même son alimentation au moyen de régulateurs à pistons, ou de robinets qui sont mis en mouvement par la tige du gros piston de la machine. Nous entrerons dans les détails circonstanciés qu'exige cette intéressante machine, dans un article particulier.

MACHINE A TAILLER LES DENTS D'ENGRENAGE. — Dans la construction des engrenages en fonte, quel que soit le soin qu'on apporte à la confection des modèles et au moulage, jamais on n'arrive à des pièces brutes assez bien fondues pour avoir un engrènement doux et sans choc; aussi est-on dans l'habitude de rediviser et de retailler toutes les dents. Cette opération se fait de deux manières, à la main et à la machine.

Pour faire ce travail à la main, il faut d'abord tracer sur la pièce la forme exacte des dents, après quoi l'ouvrier n'a plus qu'à suivre avec le burin et la lime les traits marqués. Pour faire le tracé des dents, on fait venir à la fonte les dents de 2 à 3 millim. plus

fortes dans toutes leurs dimensions, on dresse sur le tour les deux faces latérales bien parallèlement l'une à l'autre, puis on tourne la surface extérieure, et en même temps on trace le cercle primitif. Cela fait, on pointe le milieu des dents, on en marque l'épaisseur, et avec un compas, on trace les courbes qui déterminent leur forme. Ensuite, et pour le cas d'une roue droite prenant une équerre à talon ou T, dont l'une des branches s'appuie sur la face qui vient d'être divisée et l'autre sur le pourtour de la roue, on trace par des lignes parallèles la partie supérieure de la dent, en plaçant successivement cette équerre sur l'intersection des courbes avec l'arête circulaire de la roue. Cette opération demande beaucoup de soin et de précision, parce que le succès de la suivante en dépend. Celle-ci consiste à tracer sur la deuxième face la forme de la dent, de manière qu'elle soit, autant que possible, identique et symétrique à celle qui se trouve sur la première face. On se sert pour la tracer des rayons dont on s'est servi pour tracer la première, et on a pour repère l'intersection des traits parallèles, avec l'arête circulaire, correspondante à cette deuxième face.

Le tracé terminé, un ouvrier enlève au burin et à la lime l'excédant de fonte, en ayant soin de suivre le plus exactement possible les traits indiqués.

Dans les roues d'angle, les traits qu'indiquent l'épaisseur de la dent à la partie supérieure ne sont plus parallèles ; ils convergent tous vers le sommet du cône. Pour les tracer, on se sert d'une règle en fer, qui tourne autour du sommet de ce cône en s'appuyant sur la surface extérieure des dents. On recherche le sommet du cône à l'aide d'un autre cône en bois, portant à sa partie inférieure un cylindre qui s'ajuste dans la lumière de la roue, et terminé à sa partie supérieure par une pointe en fer, sur sur laquelle vient se fixer la règle à tracer. En l'enfonçant plus ou moins, on arrive par tâtonnement à trouver le sommet du cône, ce qu'on reconnaît sans aucun doute, quand la règle, s'appuyant sur la pointe en fer, s'applique exactement et partout sur le pourtour de la roue.

Quel que soit le soin qu'on apporte à une semblable division, qu'avec une grande habitude seule on peut rendre satisfaisante, il est impossible d'arriver à des résultats identiques pour des roues de même dimension et pour deux roues qui doivent engrener l'une avec l'autre.

Aussi a-t-on cherché à substituer au travail manuel un travail mécanique, plus commode et plus rigoureux. Les machines à tailler les engrenages résolvent ce problème, et aujourd'hui elles sont employées dans presque tous les ateliers de construction ; en outre, les grandes dimensions qu'on est parvenu à leur donner permettent de diviser mécaniquement la presque totalité des roues employées dans l'industrie.

Ces machines, où les deux opérations de la division et de la taille se trouvent réunies, se composent de deux parties distinctes d'une plate-forme et d'un porte-outil.

La plate-forme est un plateau horizontal, en cuivre ou en fonte, sur lequel sont tracées un certain nombre de circonférences concentriques, divisées en des nombres différents de parties égales. C'est sur cette plate-forme mobile autour d'un axe vertical, qu'on fixe la roue à tailler.

Le porte-outil est un châssis en fonte portant des glissières, entre lesquelles se meut le support de l'outil. L'outil est généralement une fraise montée sur un arbre horizontal animé d'un mouvement de rotation très-rapide; de sorte que l'approchant et l'abaissant à mesure qu'elle pénètre dans la fonte, elle enlève l'excédant de matière et forme le vide de la dent.

La plate-forme étant mobile autour d'un axe vertical, on conçoit qu'en amenant successivement chaque division de la circonférence dont les divisions correspondent au nombre de dents de la roue, on pourra la diviser en dents à peu près identiques. La seule cause d'erreur résiderait dans la plus ou moins parfaite division de la plate-forme, et aussi dans la bonté de la fraise.

Le porte-outil a un mouvement de translation qu'on lui communique à l'aide d'une vis sans fin. On peut aussi l'approcher ou l'éloigner du centre du plateau, et diviser des roues de différents diamètres. Outre ce mouvement de translation, le porte-outil a un mouvement de rotation autour d'un axe horizontal, placé à la partie inférieure, et qui permet de l'incliner plus ou moins; c'est afin de s'en servir pour tailler aussi les roues d'angle.

Dans les engrenages de petites dimensions, en bronze et en fer, on découpe directement les dents sur la machine. Pour les engrenages de grandes dimensions, on les fait venir à la fonte, mais on s'arrange de manière à avoir au moins deux à trois millimètres à enlever de chaque côté ; le travail n'est pas plus long et use beaucoup moins les outils.

Il faut attacher beaucoup de soins à la taille des engrenages; leur bonne exécution est très-importante. Ainsi des engrenages bien divisés résistent mieux que les autres, parce qu'ils donnent moins de choc et qu'ils ont un mouvement plus doux et plus uniforme

Dans les machines à diviser, la pièce qui exige dans sa construction un soin tout particulier, c'est la plate-forme ; là, on le conçoit, est toute la valeur de la machine. Aussi la division de ces plates-formes en circonférences concentriques, divisées elles-mêmes en un certain nombre de parties égales, mais différentes, est une opération longue et minutieuse. Le premier moyen qui a été employé a été de diviser par tâtonnements et à la main une autre circonférence concentrique, mais d'un rayon beaucoup plus grand, de manière qu'en rappor-

tant par des rayons les divisions de la première sur la deuxième, les erreurs fussent atténuées dans le rapport de leurs dimensions. Cette méthode conduit nécessairement à refaire la même opération pour chaque nouvelle circonférence qu'on veut diviser en un certain nombre de parties égales, ce qui est très-long et sujet à beaucoup d'inexactitudes, puisqu'en définitive la première division se fait par tâtonnements et à la main. Ce qu'on doit chercher, c'est une méthode qui ne laisse aucun tâtonnement, et qui n'oblige pas à recommencer pour une nouvelle circonférence les essais faits pour une autre. Les méthodes employées aujourd'hui par la plupart des fabricants d'instruments de précision reposent sur la division exacte de la circonférence extérieure d'un plateau en parties égales très-petites, à l'aide d'une vis tangente d'un pas très-fin. Expliquons-nous : Soit un plateau en cuivre ou en fonte de 2 mètres de diamètre, par exemple, porté sur un axe vertical, on divise avec un taraud ou vis sans fin d'un pas de 1 millimètre le pourtour de ce plateau en divisions qui seront équidistantes entre elles de 1 millimètre; et comme cette quantité est très-petite, elle se trouvera renfermée sensiblement un nombre exact de fois dans la circonférence. Ce nombre est indiqué par un compteur, qui marque le nombre de révolutions que fait la vis sans fin pour un tour entier du plateau. Supposons que ce nombre de divisions soit 10,000, le compteur étant divisé en 100 parties, par exemple, on pourra apprécier des 100ᵉ de millimètre, puisque chaque division de la plate-forme est de 1 millimètre. C'est donc comme si on l'avait divisé en 1,000,000 de parties ; si l'on a une circonférence à diviser en un nombre premier de parties, pourvu que ce nombre ne dépasse pas 1,000, on pourra atteindre à une division suffisamment exacte. Soit, par exemple, une circonférence à diviser en 101 parties, le nombre 101 est contenu dans 1,000,000,9900,99 ou 9,901 fois, ce qui fait dire que chaque division de la circonférence à diviser contiendra 99 divisions de la première, plus une fraction 0,01, qui s'apprécie par une division du compteur. C'est par un calcul et une opération analogue qu'on obtiendra les divisions des circonférences suivant tel nombre qu'on voudra, pourvu qu'il soit assez petit pour être contenu un grand nombre de fois dans le nombre total des divisions appréciables, car c'est sur cette hypothèse que repose l'exactitude de la méthode. Le pointage de ces divisions sur la plate-forme n'est plus qu'une opération très-simple, et qui se fait à l'aide d'un foret placé au-dessous et manœuvré à la main.

Quelque soin qu'on apporte à la division de ces plates-formes, on ne peut pas compter sur une précision mathématique. Les divisions faites sur la circonférence extérieure, bien que petites, pour éviter des erreurs, en laissent encore ; ainsi sur les 10,000 divisions supposées, il arrive qu'en comptant le nombre des divisions contenues dans chaque quart de la circonférence, ce nombre n'est pas égal; de là des causes d'erreurs qui nécessitent des corrections minutieuses. Nous ne voulons pas entrer dans tous ces détails d'application; notre but a été de donner l'idée générale, et surtout le principe de la construction de ces appareils.

Nous allons maintenant nous occuper d'une nouvelle machine à diviser de M. Decoster, qui est fondée sur la division variable et exacte d'une très-grande circonférence, laquelle sert ensuite à diviser des circonférences plus petites.

Cette machine se compose d'une grande roue verticale placée à l'extrémité d'un arbre horizontal tournant sur deux coussinets. La surface annulaire de cette roue est divisée en parties égales par un certain nombre de petits blocs ou parallélipipèdes en fonte d'alliage particulier, fondus par les procédés de la fonderie en caractères, car leur identité est la condition essentielle de la précision du procédé. Ces blocs sont maintenus en s'engageant dans une coulisse annulaire. Ils peuvent à volonté être enlevés ou remplacés de façon qu'en diminuant ou augmentant ainsi le nombre des divisions, elles conservent leur équidistance. Un levier d'arrêt placé sur le côté maintient la roue fixe aux points de divisions qu'on veut avoir, en s'engageant dans des encroches faites sur le milieu de chaque bloc.

La plate-forme, d'un diamètre de 2ᵐ,63, est tournée extérieurement; dans l'épaisseur de la jante se trouve une rainure à talons, dans laquelle viennent se placer 400 petits blocs fondus, tous exactement semblables, et tels qu'ils forment ensemble une circonférence de 8 mètres de développement. On enfile ces blocs dans la rainure par une ouverture latérale qu'on referme ensuite. Les blocs ont sur la jante de la roue une saillie de 1 centimètre : ils portent à leur partie supérieure et en leur milieu une encoche, et de chaque côté des rainures obliques affleurant la jante, et sur lesquelles viennent presser des coins triangulaires, qui écartent les blocs quand on en enlève quelques-uns, de façon que leur écartement, de centre en centre présente toujours des dimensions égales. Le mouvement d'avance leur est donné par un anneau en fonte concentrique avec la roue, et qui, manœuvré par des poignées glissant dans une rainure hélicoïdale, faite dans la jante, la fait avancer jusqu'à ce que les coins aient marché de la quantité nécessaire pour remplir le vide produit par l'enlèvement des blocs. Ces blocs étant identiques et les coins égaux, toutes les circonférences qu'on tracera seront divisées en parties égales.

La construction de cet anneau demande beaucoup de soins ; il faut que la partie latérale sur laquelle les coins s'appuient soit dressée bien plane, pour qu'ils y portent tous; il faut aussi lui donner assez de largeur pour l'empêcher de se voiler. La quantité dont il avance n'est pas toujours

égale sur toute la circonférence ; il y a souvent en quelques points du retard, qui provient de l'inégalité dans les hélices, qui sont au nombre de six. On corrige ce défaut en poussant l'anneau là où il est en retard à l'aide de sergents dont la vis appuie sur le pourtour. Il faut avoir soin dans cette manœuvre des coins de presser ni trop ni peu. Dans le premier cas, on tendrait à comprimer les blocs et à les déformer, et, dans le deuxième, il pourrait y avoir entre eux du jeu, ce qui rendrait les divisions inégales. Pour s'assurer du point d'arrêt, on marque à l'aide d'un vernier la quantité dont cet anneau de pression doit avancer ou reculer et cette quantité, qui dépend du nombre de blocs enlevés, est donnée par une table calculée à cet effet.

Un levier placé sur le côté de la roue porte une saillie, qui épouse exactement la forme de l'encoche faite dans les blocs, et assez profonde pour maintenir bien fixe le système. Ce levier, assez long, est aminci de manière à faire ressort sur lui-même, de façon à s'appliquer exactement dans les encoches. Il est porté sur un châssis glissant entre des glissières et mu par une vis sans fin, qui permet de l'approcher ou de l'éloigner de l'axe de la roue et le rendre tout à fait libre.

Pour faire sur les plates-formes qu'on divise l'empreinte des divisions, on place un foret horizontal, qu'on peut manœuvrer dans deux sens, l'un perpendiculaire à la plate-forme, pour percer les divisions, l'autre parallèle, pour tracer les circonférences de différents diamètres.

Cette machine, construite suivant les dimensions que nous avons données, peut, par l'enlèvement de 200 blocs, donner directement toutes les divisions de 200 à 400, ainsi que les nombres diviseurs de ceux compris dans cette série.

Telle est la machine de M. Decoster, simple dans sa construction, peu coûteuse d'établissement et d'entretien, ce qui doit dans les arts mécaniques lui faire donner la préférence sur beaucoup d'autres; ajoutons aussi qu'elle donne des divisions suffisamment exactes pour la pratique.

M. Decoster emploie cette machine pour tailler les roues d'engrenage, et pour cela il les fixe, comme une plate-forme à diviser, sur l'axe de la roue. Pour les maintenir fixes, il saisit la couronne entre deux mordaches mobiles placées sur le support de l'outil, et manœuvrées par une vis sans fin. L'engrenage centré et calé, et les blocs disposés de manière à donner le nombre de divisions correspondant au nombre de dents, on découpe le vide de la dent à l'aide d'une fraise, qu'on fait avancer parallèlement à l'axe de la machine. Cette fraise diffère de celles employées jusqu'ici en ce qu'elle est animée d'un mouvement de rotation selon son axe, comme un foret. Sa forme présente, en coupe longitudinale, celle en creux de la dent, et sa surface, qui est circulaire, porte des rainures hélicoïdales nécessaires pour entamer la fonte. Elle se visse sur un axe horizontal, qui reçoit d'un moteur un mouvement de rotation. Ces fraises ainsi construites sont préférables aux autres, parce que, quelle que soit la grandeur de l'engrenage, elles exigent peu d'acier, réussissent presque toujours à la trempe, demandent moins de main-d'œuvre, coûtent par conséquent moins cher.

Le porte-outil peut, en desserrant la vis, se mettre de façon que la fraise marche obliquement à l'axe de la machine, et permette ainsi de tailler les roues d'angle, qu'on est cependant, dans ce cas, obligé de retoucher à la main, parce qu'avec l'outil on ne peut faire que des rainures droites, et que, dans les roues d'angle, elles sont obliques. Ceci est un inconvénient; on ne devrait jamais avoir à retoucher un engrenage divisé par une machine.

En résumé, nous venons de voir deux systèmes de machines à tailler les engrenages; dans l'un, les roues sont placées sur un axe vertical; dans l'autre, sur un axe horizontal. Ces deux systèmes sont bons si les plates-formes sont bien divisées, et si elles sont d'un diamètre supérieur à celui des roues à tailler, afin d'atténuer autant que possible les erreurs qui peuvent se trouver sur les premières divisions (1).

MACHINE A VAPEUR. — L'eau réduite à l'état de vapeur par sa combinaison avec le calorique occupe 1,700 fois son volume dans l'état liquide, si la chaleur se pousse à cent degrés de thermomètre. Si on élève ce degré de chaleur en l'enfermant dans des vases clos, la vapeur tend à occuper successivement des espaces de plus en plus grands, et l'effort qu'elle produit en se dilatant arrive jusqu'à briser avec explosion les enveloppes les plus solides. Voilà donc une force pour ainsi dire irrésistible, que l'homme peut faire naître par la seule combinaison physique de l'eau et du feu en disposant des charbons allumés sous un vase contenant de l'eau, ou de toute autre manière.

L'application de cette force à divers usages utiles par des moyens mécaniques a donné lieu à l'invention de divers appareils connus sous le nom de machines à vapeur. Le problème dont la solution est confiée à ces machines est celui-ci : 1° combiner le calorique avec le liquide, pour produire la vapeur ; 2° recueillir la force expansive qui résulte de ce changement d'état ; 3° appliquer cette force à des intermédiaires pour produire les mouvements demandés.

La première et la plus ancienne machine à vapeur connue est évidemment l'éolipyle tournante, décrite par Héron d'Alexandrie, dans le fameux livre *De spiritalia*. A la simple inspection de cet appareil il est aisé de se convaincre que son principe est identiquement le même que celui de nos ma-

(1) Ce savant et intéressant article a été inséré par M. Matthieu dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

chines modernes à haute pression. Nous avons même vu dans ces derniers temps les machines rotatives dites à réaction, employées par l'Américain Every et par d'autres ingénieurs, nous ramener simplement à l'éolipyle tournante des anciens, et présentées, non sans raison, comme un perfectionnement réel des machines à vapeur des Papius, Newcomen, et Waat.

En effet, les inventeurs de ces machines, que la science s'est plu à exalter outre mesure, n'ont fait que retarder les progrès de l'art en le renfermant dans des limites que les anciens n'avaient pas même aperçues. En limitant la force expansive de la vapeur d'eau dans les limites du poids d'une atmosphère, en réduisant son effet à produire le vide par sa condensation, Papius, Newcomen, Waat n'ont fait que reculer l'époque où la force expansive de l'eau combinée au calorique a repris toute sa puissance, lorsque rejetant les condensateurs et tous les appareils pneumatiques qui en dépendent, et dont la complication fut la base de leur renommée, on en revint, il y a trente années, à l'appareil simple de la machine à haute pression. Cette machine, comme l'éolipyle de Héron, repose sur le principe de l'expansion, poussé à 10, 20, et 100 fois la pression atmosphérique et n'a d'autres limites que celles de la résistance des pièces employées dans sa construction. Ainsi, les prétendus inventeurs du siècle dernier n'ont fait dans leurs machines dites atmosphériques à simple et même à double effet, que préparer l'art et les procédés pratiques au moyen desquels on est parvenu plus tard à populariser le principe de l'éolipyle des anciens dont l'auteur est inconnu.

Ces réflexions étaient nécessaires pour prémunir le lecteur contre quelques aperçus de l'article suivant, emprunté de l'ouvrage récent, et d'ailleurs si remarquable de M. Vigier.

La plupart des écrivains qui se sont occupés de l'histoire de la machine à vapeur ont placé dans l'antiquité le berceau de cette invention. Cette opinion nous semble inadmissible. La machine à vapeur est d'origine moderne, et c'est vainement que l'on essayerait de chercher dans les vagues traditions scientifiques de la Grèce et de Rome la trace des idées qui présidèrent à sa création. La science que nous désignons aujourd'hui sous le nom de *physique* n'existait pas chez les anciens. Quelques connaissances dues au hasard, ou introduites par la pratique des arts vulgaires, résument pour nous toute la physique des Grecs. C'est que l'art d'observer, le secret d'étudier un fait en l'isolant par une opération de l'esprit de tout ce qui l'entoure, fut à peu près ignoré des anciens. La vague et poétique imagination des philosophes de la Grèce avait entraîné la science naissante dans une voie diamétralement opposée à celle de ses progrès. Au lieu d'étudier la marche naturelle des faits qui tombent sous les sens, on voulait pénétrer la nature intime des phénomènes et remonter jusqu'à la secrète essence de leurs causes. L'importance et la grandeur des faits attiraient surtout l'attention; on s'attachait obstinément à poursuivre des problèmes destinés à rester à jamais insolubles; on construisait l'univers avant de l'avoir entrevu. Cette philosophie, qui arrêta dès le début la marche des sciences physiques, retarda de vingt siècles leur création. Placer au sein d'une pareille époque l'origine de la découverte la plus importante des temps modernes, c'est donc fausser ouvertement les traditions de l'histoire, et le rapide examen des faits montrera sur quelles bases futiles cette opinion s'était fondée.

C'est à un écrivain grec d'Alexandrie, Héron, qui vivait cent vingt ans avant l'ère chrétienne, que la plupart des auteurs modernes rapportent avec Robert Stuart et M. Arago : « l'honneur d'avoir inventé et construit la première machine à vapeur connue (1). »

Le petit traité de Héron, intitulé *Spiritalia*, renferme les passages qui ont mérité au philosophe grec d'être proclamé le premier inventeur d'une machine construite dix-huit siècles après lui. Ce livre était loin de prétendre à une destinée si brillante; ce n'est autre chose, en effet, que ce que nous nommerions aujourd'hui un recueil de physique amusante. Il renferme la description d'une série d'appareils destinés à manifester certains effets curieux de l'air et de l'eau; les matières y sont exposées sans ordre et sans liaison logique; aucune explication, aucune théorie ne s'y trouvent jamais invoquées. Pour que nos lecteurs puissent en juger par eux-mêmes, nous rapporterons les divers passages sur lesquels on s'appuie pour accorder à Héron la première idée de la machine à feu.

Le quarante-cinquième appareil décrit par le philosophe grec se compose d'une marmite contenant de l'eau et fermée de toutes parts, à l'exception d'une ouverture donnant accès à un tube vertical ouvert. Dans l'intérieur de ce tube on place une petite boule; par l'action de la chaleur, cette boule est projetée au dehors. Dans un travail rempli d'érudition, publié dernièrement dans l'*Encyclopédie moderne*, M. Lalanne donne à cet appareil de Héron le nom de *marmite à vapeur chassant un projectile*. Nous l'appellerions plus simplement *marmite soulevant son couvercle*, et nous n'avons pas besoin d'ajouter que la découverte d'un tel fait n'appartient pas à Héron, mais bien au premier homme qui, assis au coin de son feu, vit le couvercle de la marmite où cuisaient ses aliments se soulever par l'effort de la vapeur. Si les titres du philosophe grec à la découverte de la machine à vapeur ne reposaient pas sur des fondements plus sérieux, il aurait à soutenir avec quelque petit-fils d'Adam une discussion de priorité.

Héron décrit divers mécanismes qui per-

(1) Robert Stuart, *Histoire descriptive de la machine à vapeur*, p. 32.

mettent, au moyen de l'air comprimé ou dilaté par l'action du feu, de faire sonner la trompette d'un automate, siffler un dragon de bois, ou tourner en rond de petits bonshommes. Nous ne dirons rien de tous ces appareils, qui ne sont que des variations sans fin du célèbre instrument connu et expérimenté dans nos cours publics sous le nom de *fontaine de Héron*. Nous arriverons tout de suite au petit appareil que l'on considère aujourd'hui comme le premier modèle de la machine à vapeur que M. Arago signale comme « le premier exemple de l'emploi de la vapeur comme force motrice (1). » Est-il nécessaire de dire qu'en décrivant ce joujou qui tourne *comme des automates qui dansent en rond*, le philosophe d'Alexandrie ne le présente nullement comme pouvant devenir l'origine d'une force motrice? Toutes les expériences exposées dans son traité ne sont que des tours de physique amusante, et l'auteur ne perd pas son temps à étudier les causes des phénomènes qu'il décrit. Si l'on voulait d'ailleurs rechercher par quelle interprétation théorique Héron expliquait le fait qu'il nous présente, on ne pourrait, d'après son texte, la rapporter qu'à la seule action de la chaleur. Il dit en effet, dans l'énoncé de son problème, « faire tourner une petite sphère au moyen d'une marmite chauffée, » et non, « au moyen de la vapeur d'eau. » Héron ne pouvait faire jouer ici aucun rôle à la vapeur, par cette raison fort simple que l'existence même de la vapeur d'eau était inconnue de son temps. Avec tous les philosophes de son époque, il ne voyait dans la vaporisation d'un liquide que sa transformation en air, et dans son livre il ne fait jamais allusion qu'aux effets mécaniques produits par l'air comprimé ou dilaté par le feu. Ainsi, les physiciens qui sont venus après lui n'ont pu expliquer le phénomène de la rotation de sa petite sphère que par l'écoulement et la réaction de l'air chaud qui provenait lui-même de la transformation de l'eau en air. On trouve, dans une autre partie de son traité, la description d'un petit appareil en tout semblable au précédent, et dans lequel seulement un courant d'air chaud remplace le courant de vapeur.

Le jouet décrit par Héron d'Alexandrie ne nous semble donc mériter à aucun titre l'honneur de figurer dans l'histoire de la machine à vapeur. L'existence même de la vapeur d'eau étant ignorée des anciens, il est difficile d'admettre que l'on ait pu à cette époque imaginer une machine fondée sur la connaissance des propriétés de cet agent (2).

On ne sera pas surpris, d'après les idées inexactes qui ont régné si longtemps sur le phénomène de la vaporisation des liquides, de voir des siècles entiers s'écouler sans apporter la moindre notion sur les effets mécaniques de la vapeur. Cette circonstance explique la pénurie d'arguments et de faits dans laquelle se sont trouvés les écrivains qui ont voulu placer à une époque reculée l'origine de l'invention qui nous occupe. Pour montrer à quelles pauvres ressources on en est réduit sous ce rapport, il nous suffira de rappeler l'anecdote de l'historien byzantin Agathias, que l'on a coutume d'invoquer à cette occasion. M. Lalanne, dans le travail cité plus haut, donne, d'après M. Léon Renier, la traduction suivante de ce passage de l'ouvrage d'Agathias :

« Il y avait à Byzance un homme appelé Zénon, inscrit sur la liste des avocats, distingué d'ailleurs, et très-bien avec l'empereur. Il était voisin d'Anthémius, au point que leurs deux maisons paraissaient n'en faire qu'une et être comprises dans les mêmes limites. A la longue, une mésintelligence éclata entre eux, soit pour une fenêtre ouverte contrairement à l'usage, soit pour un bâtiment dont la hauteur excessive interceptait le jour, soit enfin pour quelqu'une de ces nombreuses causes qui ne manquent jamais d'amener des dissensions entre très-proches voisins.

« Anthémius, ayant eu le dessous devant les tribunaux, ainsi qu'il devait s'y attendre, ayant pour adversaire un avocat, et n'étant pas capable de lutter d'éloquence avec lui, imagina pour se venger le tour suivant, que lui fournit l'art qu'il cultivait :

« Zénon possédait un appartement très-élevé, très large, très orné, où il avait l'habitude de recevoir ses amis et de traiter ceux qui lui étaient les plus chers. Le rez-de-chaussée de cet appartement appartenait à Anthémius, de sorte que le plancher intermédiaire servait de toit à l'un et de sol à l'autre. Anthémius fit placer dans ce rez-de-chaussée de grandes chaudières pleines d'eau, qu'il entoura extérieurement de tuyaux de cuir assez larges à leur base pour embrasser entièrement le bord des chaudières, mais diminuant ensuite de diamètre comme une trompette, et se terminant dans des proportions convenables. Il fixa les bouts de ces

(1) *Notice sur la machine à vapeur*. (*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1837, p. 226.)

(2) Cette erreur de l'ancienne physique sur la transformation de l'eau en air par l'action de la chaleur se prolonge d'ailleurs bien longtemps après le philosophe d'Alexandrie. Le célèbre architecte romain Vitruve, contemporain d'Auguste, dit, en parlant de l'*éolipyle*, appareil très-anciennement connu : « Les éolipyles sont des boules d'airain qui sont creuses et qui n'ont qu'un très-petit trou par lequel on les remplit d'eau. Ces boules ne poussent aucun air avant d'être échauffées ; mais étant mises devant le feu, aussitôt qu'elles sentent la chaleur, elles envoient un vent impétueux vers le feu, et ainsi enseignent par cette petite expérience des vérités importantes sur la nature de l'air et des vents. » Ces vues erronées étaient encore professées au XVIe siècle. Cardan, par exemple, s'exprimait ainsi : « Vitruve apprend à faire des vases qui produisent du vent : ils sont ronds et fermés de toutes parts, à la réserve d'un seul trou qui est muni d'un tuyau très-étroit; on les remplit d'eau et on les présente au feu ; le liquide se transforme en air, s'échappe par le tuyau, et augmente l'ardeur du brasier. » Au XVIIe siècle, Claude Perrault, dans sa traduction de Vitruve, reproduit cette théorie. A la même époque, l'illustre physicien Boyle continuait à admettre la transformation de l'eau en air par le fait de la chaleur.

tuyaux aux poutres et aux planches du plafond, et les y attacha avec soin; de sorte que l'air qui y était introduit avait le passage libre pour s'élever dans l'intérieur vide des tuyaux et aller frapper le plafond à nu, dans l'endroit où il lui était permis d'arriver, et qui était entouré par le cuir, mais ne pouvant s'écouler ni s'échapper au dehors. Ayant donc fait secrètement ces préparatifs, Anthémius alluma un grand feu sous les chaudières et y produisit une grande flamme, et l'eau s'échauffant bientôt et entrant en ébullition, il s'en éleva beaucoup de vapeur épaisse et fumeuse qui, ne pouvant s'échapper, monta dans les tuyaux et s'y élança avec d'autant plus de violence qu'elle était resserrée dans un plus étroit espace, jusqu'à ce que frappant continuellement le plafond, elle l'ébranla tout entier, au point de faire légèrement trembler et crier les bois. Or, Zénon et ses amis furent troublés et épouvantés, et ils s'élancèrent dans la rue en criant et poussant des exclamations, et Zénon, s'étant rendu au palais de l'empereur, demandait aux personnes de sa connaissance ce qu'elles savaient du tremblement de terre, et s'il ne leur avait pas causé quelque dommage. »

D'après nos connaissances actuelles sur les propriétés de la vapeur d'eau, cette expérience telle qu'elle est rapportée par Agathias ne pouvait en aucune manière produire les résultats qu'il annonce. Aussi M. de Montgéry, qui a publié en 1823, dans les *Annales de l'industrie*, une série d'articles en vue de rechercher l'origine de la machine à vapeur dans l'antiquité, n'admet-il point que le mécanisme décrit par Agathias soit le même que celui qu'employa Anthémius : « L'extrémité évasée des tuyaux, dit M. de Montgéry, devait être placée sous les poutres, et non au delà ; elle devait s'ouvrir tout à coup au moyen d'une soupape ou d'un robinet ; alors seulement il y aurait eu une vive secousse (1). » Par malheur, l'historien de Byzance ne fait mention ni de robinet ni de soupape; il est donc plus simple de regarder comme apocryphe l'aventure romanesque d'Agathias.

C'est avec un sentiment semblable qu'il faut accueillir l'assertion émise par Robert Stuart en ces termes laconiques : « En 1563, un certain Mathésius, dans un volume de sermons intitulé *Sarepta*, parle de la possibilité de construire un appareil dont l'action et les propriétés paraissent semblables à celles de la machine à vapeur moderne (2). »

Ce Mathésius, d'après M. Lalanne, était maître d'école à Joachimstall, ville de Bohême autrefois célèbre par ses mines d'argent, de cuivre et d'étain. Son ouvrage, imprimé à Nuremberg en 1562, n'est qu'un livre de prières; c'est le *Sermonnaire des mines*. Le passage auquel l'écrivain anglais fait allusion est ainsi conçu : « Au moyen de l'eau, du vent et du feu, et moyennant de beaux mécanismes, que l'eau et le minerai s'élèvent et soient mis en mouvement de plus grandes profondeurs, afin que la dépense soit diminuée et que ces trésors cachés puissent être d'autant plus tôt percés et mis au jour..... Vous, mineurs, glorifiez dans les chants des mines l'excellent homme qui fait monter aujourd'hui le minerai et l'eau sur le Platten au moyen du vent, et comment maintenant on élève l'eau au jour avec le feu. »

Il faut une bonne volonté bien prononcée pour trouver dans le texte de cette exhortation évangélique l'indication d'un appareil « dont l'action et les propriétés paraissent semblables à celles de la machine à vapeur moderne. » Il pouvait exister dans les mines diverses machines mues par le vent ou par l'air échauffé ; mais rien n'indique, dans la pieuse invocation de Mathésius, l'allusion même la plus voilée à une machine agissant au moyen de l'eau réduite en vapeur.

Robert Stuart ajoute : « Trente ans après, dans un livre imprimé à Leipsick en 1597, on trouve la description de ce qu'on appelle un éolipyle, que l'on peut, dit-on, utiliser en l'adaptant à un tourne-broche. » L'éolipyle, appareil connu depuis une époque très-reculée, a beaucoup attiré l'attention des physiciens du moyen âge, qui ignoraient cependant la cause des effets curieux qu'il produit, et s'imaginaient que l'eau s'y transformait en air. Il n'est donc pas impossible que l'insignifiante et pauvre application dont parle Robert Stuart ait pu être réalisée, bien qu'il ne nous donne aucune indication positive sur l'ouvrage qui la mentionne.

M. Arago et tous les écrivains français qui, s'occupant après lui de l'histoire de la machine à vapeur, se sont bornés à reproduire ses opinions, admettent que la première expérience qui ait permis de reconnaître la puissance mécanique de la vapeur d'eau a été faite au commencement du XVIIe siècle par un gentilhomme de la chambre de Henri IV, nommé David Rivault, seigneur de Flurance, précepteur de Louis XIII. « Pour rencontrer, dit M. Arago, après les premiers aperçus des philosophes grecs, quelques notions utiles sur les propriétés de la vapeur d'eau, on se voit obligé de franchir un intervalle de près de vingt siècles. Il est vrai qu'alors des expériences précises, concluantes, irrésistibles, succèdent à des conjectures dénuées de preuves.

« En 1605, Flurance Rivault, gentilhomme de la chambre de Henri IV et précepteur de Louis XIII, découvre, par exemple, qu'une bombe à parois épaisses et contenant de l'eau fait tôt ou tard explosion quand on la place sur le feu *après l'avoir bouchée*, c'est-à-dire lorsqu'on empêche la *vapeur* d'eau de se répandre librement dans l'air à mesure qu'elle s'engendre. La puissance de la vapeur d'eau se trouve ici caractérisée par une épreuve nette et suscep-

(1) *Annales de l'industrie nationale et étrangère*, t. IX, p. 70.

(2) Robert Stuart, *Histoire descriptive de la machine à vapeur*, p. 32.

tible jusqu'à un certain point d'appréciations numériques : mais elle se présente encore à nous comme un terrible moyen de destruction (1). » M. Arago nous dit encore, à propos de l'expérience du marquis de Worcester, qui fit, dit-on, éclater un canon par l'action de la vapeur : « Cette expérience était déjà connue en 1605, car Flurance Rivault dit expressément que les éolipyles crèvent avec fracas quand on empêche la vapeur de s'échapper. Il ajoute même : « L'effet de la raréfaction de l'eau a de « quoi épouvanter les plus assurés des « hommes (2). »

La meilleure manière de reconnaître si M. Arago a exactement traduit la pensée de l'auteur des *Éléments d'artillerie*, c'est évidemment de recourir à l'ouvrage lui-même. Le passage auquel M. Arago fait allusion se trouve au livre III, dans lequel Flurance Rivault cherche à établir la nature des substances qui peuvent entrer dans la composition de la poudre. Voici textuellement ce passage :

« *Conjecturer les ingrédients de la bonne poudre à canon.* — Il est certain que cherchons une prompte raréfaction, il faut l'avancer par la chaleur : car il n'y a poinct en la nature de plus agissante qualité. Le froid agit : mais il resserre. Les deux autres, sécheresse et humidité, n'ont que fort peu d'action et plustôt nous doivent servir de matière et de patient en ce dessein que d'agent. Voyons du froid s'il nous est propre. *L'eau humide qui se convertit en aër se raréfie*, et en est la raréfaction suivie de violence. Voyez-vous ces instruments d'airain globeux et creux, qui ont un trou par lequel on verse l'eau. Les Grecs les ont nommés *portes d'Eole*, parce que si vous les approchés du feu, le métal en est eschauffé, et l'eau quand et quand, *laquelle peu à peu se convertit en aër par l'action de la chaleur, et estant faicte rare et vent*, elle sort par le trou avec force, et après ravive le feu par son souffle, qui le premier luy avoit donné estre. Il y a quelque apparence que si ce nouvel aër ne trouvoit lors issue libre par la petite porte, qu'il briseroit le vaisseau pour se donner jour : *ainsi que l'humidité de la chastaigne aéréfiée par le feu, la faict esclater rudement, pour se donner libre estendue. Que si la furie de cet esclat n'a d'estonnement que pour les enfants, l'effect de la raréfaction de l'eau a de quoy espouvanter les plus asseurés hommes a en l'accident des tremblements de terre.* L'eau coulée ez cavernes de la terre au printemps principalement et en automne, y est eschauffée soit par les feux qu'elle y rencontre souvent, soit par les chaudes exhalaisons qui sortent des soupiraux terrestres : tant que raréfiée et convertie en aër, le lieu qui la contenoit auparavant n'est plus capable d'embrasser si longues et si larges dimensions : tellement que pressée de s'étendre, et violentée par cet hoste devenu puissant, la terre s'entr'ouvre pour luy faire jour avec un desbriz espouvantable. Il y a un million d'autres effects de cette raréfaction d'humidité, qui nous pourroyent guider à l'exécution de quelque violence. Mais nous devons y considérer qu'elle ne se fait à coup : ains avec temps, et que la matière humide ne s'exhale pas toute à la fois, mais peu à peu. Or, nous cherchons de la promptitude et un effect momentané, principalement pour ce qui est de l'action du canon. Car ce n'est pas qu'ez autres artifices du feu nous ne nous servions quelquefois d'humides, quand nous en voulons faire durer la violence. Mais cela n'est pas de ce lieu. Il faut donc nous attacher à la sécheresse, et à un subject sec qui ait peu de résistance contre la chaleur, et soit amy du feu. Car l'humide luy résiste : au contraire le sec est de sa nature mesme. Or, n'y l'air qui est humide et chaud, ny l'eau qui est froide et humide, ne nous peuvent donner ce corps sec que nous cherchons. L'eau en est la plus incapable, tellement que toutes choses humides et froides doivent être banies de nostre poudre, etc. (1). »

Quand on a lu ce morceau confus, empreint des idées surannées de l'ancienne physique et tout rempli des lieux communs et des divagations qu'elle affectionne, on se demande comment M. Arago a pu l'honorer d'une interprétation aussi large. Rivault ne parle jamais de vapeur d'eau, comme on le lui fait dire ; il parle seulement, d'après les opinions scientifiques de son époque, de la conversion de l'eau en air. Il ne fait aucune allusion à une expérience qu'il aurait exécutée, et il ne nous dit rien de cette « bombe à parois épaisses, et contenant de l'eau qui fait tôt ou tard explosion quand on la place sur le feu après l'avoir bouchée.» Il parle tout simplement de châtaignes « dont l'esclat n'a d'estonnement que pour les enfants » et s'il nous dit que « l'effect de la raréfaction de l'eau a de quoy espouvanter les plus asseurés des hommes », il a soin d'ajouter « en l'accident des tremblements de terre », complément explicatif qui ramène le fait à sa véritable expression. Et convenez que cet *accident des tremblements de terre* et cette *furie des châtaignes*, sont bien faits pour ramener à sa juste valeur la prétendue découverte du précepteur de Louis XIII et pour affaiblir ses droits à la reconnaissance de la postérité.

Ainsi, jusqu'à la fin du XVIe siècle, on ne trouve aucune notion positive concernant l'application des effets mécaniques de la va-

(1) *Eloge historique de James Watt* (*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1839, p. 281.)

(2) *Notice sur la machine à vapeur* (*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1837, p. 240.)

(1) *Les Eléments de l'artillerie, concernant tant la théorie que la pratique du canon*, par le sieur de Flurance Rivault, 1608, p. 130.

peur d'eau. Ce fait ne surprend point, quand on se rappelle que toutes les connaissances que nous résumons aujourd'hui sous le nom de physique étaient enveloppées à cette époque de l'obscurité la plus profonde. La création des sciences positives pouvait seule apporter des notions précises qui devaient servir de point de départ à la découverte des effets mécaniques de la vapeur d'eau et son emploi comme force motrice.

C'est de la fin du XVIe siècle que date la régénération scientifique de l'Europe. Jusque-là les sciences physiques n'avaient existé que de nom. Depuis la chute de l'empire des Arabes, l'école d'Aristote courbait sous son joug l'intelligence humaine. Le syllogisme pour tout instrument de recherches, de prétendues causes absolues pour point de départ et pour but, et pour règle suprême la parole du maître; le témoignage des sens recusé, les mystères de l'alchimie liés aux faits scientifiques, et tout ce bizarre assemblage de conceptions stériles qui méritent à peine l'honneur d'être rapportées, arrêtaient depuis dix siècles la marche de l'esprit humain. C'est en vain que par intervalles quelques hommes de génie avaient essayé de lutter contre le despotisme de l'autorité traditionnelle et fait briller aux yeux du monde les vrais principes de la philosophie naturelle. Ramus, Roger Bacon, Jordano Bruno, Cardan et plusieurs autres courageux réformateurs, avaient inutilement combattu les sectateurs du *grand-œuvre*.

C'est alors qu'apparaissent à la fois sur la scène du monde trois hommes destinés à jeter dans l'Europe régénérée les bases de l'édifice nouveau des connaissances humaines : Bacon en Angleterre (1), Descartes en France, et Galilée en Italie, sont les auteurs de cette révolution mémorable. Divers de pays, d'esprit et de caractère, ils attaquent à la fois, selon les formes et les aptitudes particulières de leur génie, l'échafaudage antique des doctrines qui asservissaient l'esprit humain; leurs hardis et salutaires efforts le renversent à jamais, et élèvent sur ses débris une philosophie nouvelle. Donnant à la fois le précepte et l'exemple, ils enseignent au monde la véritable méthode à suivre dans les recherches scientifiques, et marquent par leurs découvertes les premiers pas de la science naissante.

(1) Bacon était, en fait de sciences physiques, un des hommes les plus ignorants de son temps. L'influence qu'il a exercée réellement sur ses contemporains se réduit à avoir soustrait l'étude des sciences naturelles aux préjugés de la scholastique du moyen âge ; à avoir substitué une sorte de scepticisme universel au respect des traditions consacrées ; à avoir renfermé les vérités dans le témoignage seul de nos sens. Bacon est le véritable père de la philosophie matérialiste, à laquelle, il est vrai, on doit rapporter la plupart des découvertes survenues dans les sciences naturelles. *Voyez* l'ouvrage de M. Joseph de Maistre, sur la *Philosophie de Bacon*.

La révolution scientifique accomplie par les préceptes de Bacon, les découvertes de Galilée et les écrits de Descartes, embrasse une période bien tranchée. Commencée dans les dernières années du XVIe siècle, à l'époque des premiers travaux de Galilée, elle se termine vers le milieu du siècle suivant, en 1642, à la mort de ce savant. C'est seulement alors que le triomphe de la philosophie nouvelle est définitivement établi, et que la science, fondée désormais sur une base inébranlable, peut marcher sans entraves dans les voies de la vérité. Mais pendant l'intervalle d'un demi-siècle que cette période mesure, la science a péniblement à lutter contre les restes de l'esprit philosophique du passé, et elle n'est pas toujours victorieuse. Pendant longtemps encore l'ombre des vieilles erreurs enveloppe les conceptions des savants. Une métaphysique obscure embarrasse les théories de la science; on raisonne sur le plein et le vide, sur les qualités essentielles et sur les qualités accidentelles des corps; on disserte sur le sec et l'humide, sur le nombre et les propriétés des éléments; on s'obstine à discuter stérilement l'essence intime des phénomènes; on élève des hypothèses sans fin sur la nature du feu, sur la mixtion des éléments; on prête à la nature des affections morales; on se perd, en un mot, dans la vaine subtilité des théories de la scholastique. Aussi l'expérience est-elle à peine invoquée, et, quand on essaye d'y recourir, c'est toujours sur des sujets puérils ou ridicules que va s'exercer l'imagination des physiciens. On entreprend des recherches mécaniques pour expliquer les sons de la statue de Memnon, le jeu mystérieux de l'orgue du Pape Sylvestre, ou le vol de la colonne d'Architas.

C'est au milieu de cette période à demi-barbare de l'histoire des sciences, lorsque rien de ce qui ressemble à la physique n'existait et ne pouvait exister encore, que tous les écrivains se sont accordés jusqu'ici à placer la découverte de la machine à vapeur moderne. En France, c'est à Salomon de Caus, architecte et ingénieur obscur qui a écrit en 1615 son livre : ***Les raisons des forces mouvantes***, que l'on décerne l'honneur de cette invention. Il n'y a qu'une voix en Angleterre pour l'attribuer au marquis de Worcester, politique brouillon et mécanicien contestable qui vivait sous les derniers Stuarts. Enfin les écrivains italiens revendiquent pour leur pays la première invention des machines à feu, en invoquant à ce sujet les titres du physicien Porta, qui écrivait en 1605, ou ceux de l'architecte Giovanni Branca, qui a publié à Rome, en 1629, un ouvrage sur les machines.

Dans une histoire sérieuse de la machine à vapeur, tous ces noms devraient être écartés. On ne peut avoir songé à construire une machine ayant pour principe la force élastique de la vapeur d'eau, à une époque où

l'on confondait avec l'air atmosphérique les fluides qui se dégagent des liquides en ébullition; quand on ne possédait sur les effets mécaniques de la vapeur que ces notions confuses, acquises depuis des siècles par l'observation vulgaire, et ne se liant à aucune vue théorique; lorsque les principales lois de l'hydrostatique étaient encore un mystère, lorsque les premiers linéaments de la physique générale étaient à peine tracés. Cependant, comme l'opinion contraire, établie sur l'autorité des noms les plus considérables de la science, jouit aujourd'hui d'un crédit universel, nous sommes tenu de l'examiner.

Les raisons des forces mouvantes avec diverses machines tant utiles que plaisantes aus quelles sont adjoints plusieurs desseings de grotes et fontaines, par Salomon de Caus, *ingénieur et architecte de Son Altesse palatine électorale*, tel est le titre de l'ouvrage qui renferme, dit-on, la description de la première machine à vapeur connue.

M. Baillet, inspecteur des mines, est le premier qui ait signalé, dans le livre profondément inconnu jusque-là de Salomon de Caus, un théorème relatif à l'action mécanique de l'eau échauffée, et qui ait prétendu trouver dans les dix lignes de ce théorème la première idée de la machine à vapeur (1). L'étrange procédé historique qui consiste à décerner à quelque écrivain obscur l'honneur de l'une des grandes inventions modernes, sans tenir aucun compte de l'état de la science à son époque, n'avait jamais été couronné d'un plus entier succès. Dans sa célèbre Notice sur la machine à vapeur, publiée pour la première fois en 1828 dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, M. Arago a adopté et développé l'opinion émise par M. Baillet. Appuyée sur l'autorité de l'illustre secrétaire de l'Académie des sciences, elle est aujourd'hui unanimement admise, et le pauvre ingénieur normand, qui ne s'attendait guère à tant d'honneur, est proclamé d'un accord unanime le premier créateur de la machine à feu. Laubardemont disait, au XVII[e] siècle, qu'avec dix lignes de l'écriture d'un homme il se chargeait de le faire pendre; notre siècle, plus généreux, avec dix lignes ramassées dans le livre inconnu d'un écrivain obscur, voue sa mémoire à l'immortalité. Cependant de tels arrêts sont susceptibles de révision, et en ce qui concerne Salomon de Caus, c'est une tâche que nous essayerons de remplir.

Il est difficile de juger les écrits d'un savant sans connaître les principaux événements de sa vie. Donnons, en conséquence, quelques détails sur Salomon de Caus, autant qu'il est permis de fournir des renseignements positifs sur un modeste artiste du XVI[e] siècle, à peu près ignoré de ses contemporains, et dont la gloire posthume ne devait briller que deux siècles après sa mort.

Le nom de Salomon de Caus n'est cité dans aucun des ouvrages biographiques de son temps; c'est à ses propres écrits qu'il faut emprunter les particularités qui le concernent. Salomon de Caus naquit en 1576. Il était sans doute originaire de Normandie, car un de ses parents, Isaac de Caus, qui publia quelque temps après lui, un ouvrage d'hydraulique, prend le titre de *Dieppois*. Dans la préface de l'un de ses écrits, Salomon de Caus nous apprend lui-même que les sciences et les arts l'occupèrent dès sa jeunesse; il étudiait la peinture et la musique, les langues anciennes et les mathématiques. Porté vers la mécanique par un goût particulier, il se consacra de bonne heure à l'étude de cette science. Ensuite, comme tous les artistes de son époque, il voyagea pour perfectionner ses connaissances. Il se rendit d'abord en Italie, où il séjourna quelque temps. Il passa de là en Angleterre, et réussit à entrer dans la maison du prince de Galles; il fut attaché comme maître de dessin à la princesse Elisabeth. Le prince de Galles ayant confié à l'artiste français le soin de décorer les jardins de son palais, Salomon de Caus peupla de groupes mythologiques les jardins de Richemond. Tout le personnel de l'Olympe figurait dans les décorations de cette résidence célèbre; des machines hydrauliques faisaient jaillir les eaux au milieu de ces statues allégoriques. Cependant la princesse Elisabeth, ayant épousé, en 1613, le duc de Bavière, Frédéric V, se disposait à partir pour l'Allemagne; elle consentit à emmener avec elle son maître de dessin en qualité d'ingénieur et d'architecte. A peine arrivé en Allemagne, Salomon de Caus fut chargé de diriger la construction de bâtiments nouveaux que le duc de Bavière se proposait d'ajouter à son palais de Heidelberg. Il fallait entourer de jardins le nouveau palais; on livra donc à l'architecte une sorte de fourré sauvage, le Friesenberg, montagne inculte hérissée de rochers nus et creusée de profonds ravins. L'art changea promptement la face de ces lieux abandonnés. La montagne fut remuée de fond en comble, et bientôt, sur l'emplacement de ce site désert, on vit s'élever de beaux jardins, tout remplis d'ombre et de fraîcheur, ornés de maisons de plaisance, décorés d'arcs de triomphe et de portiques, égayés, suivant l'heureux style de cette époque, de fontaines jaillissantes et de grottes rocailleuses. Les délicieux jardins du palais de Heidelberg, qui ont été décrits dans un volume in-folio publié à Francfort en 1620, sous le titre de *Hortus palatinus*, ont fait l'admiration de l'Allemagne jusqu'à l'époque où ils furent détruits, pendant l'un des siéges suivis de pillage qui désolèrent Heidelberg de 1622 à 1688.

C'est pendant le cours de ces derniers travaux, lorsqu'il dirigeait la construction des jardins de Heidelberg, que Salomon de Caus publia, dans la boutique de Jean Norton, libraire anglais établi à Francfort, son

(1) *Notice historique sur les machines à vapeur, machines dont les Français peuvent être regardés comme les premiers inventeurs*, par M. Baillet, inspecteur divisionnaire au corps impérial des mines. (*Journ. des mines*, mai 1813, p. 221.)

ouvrage sur les *Forces mouvantes*. Après la dédicace, adressée *au roi très-chrétien* (Louis XIII), vient une poésie laudative due à la plume d'un certain Jean Le Maire, peintre et bel esprit du temps. Un acrostiche du poëte sur le nom de Salomon de Caus nous apprend que l'auteur de cet ouvrage n'était encore qu'en son *printemps*.

Salomon de Caus fit paraître, la même année, un traité sur la musique, intitulé : *Institution harmonique divisée en deux parties : en la première sont montrées les proportions des intervalles harmoniques, et en la deuxième les compositions d'icelles*. Dans la préface de cet ouvrage, dédié *à la très-illustre et vertueuse dame Anne, royne de la Grande-Bretagne*, l'auteur entreprend une dissertation historique pour prouver l'excellence de la musique, et il invoque l'histoire sacrée et l'histoire profane pour établir l'utilité de cet art, qui, selon lui, « *doit être colloqué au-dessus de toutes les sciences humaines*. » Entre autres preuves des bons effets de la musique, il nous apprend que « *la pudicité de Clitemnestre, femme d'Agamemnon, fut conservée aussi longtemps qu'un certain musicien dorien demeura avec elle*. »

Cependant l'architecte normand en était arrivé à son automne. Il avait quarante-sept ans, et depuis dix ans il résidait chez le palatin de Bavière. Le désir de revoir son pays abandonné depuis sa jeunesse, ou la mobilité de son humeur, le décidèrent à se séparer du prince. Il revint en France en 1623. De retour en Normandie, Salomon de Caus continua à vivre de son double métier d'ingénieur et d'architecte. Rien n'indique cependant qu'il possédât comme ingénieur des talents particuliers, car il resta étranger à tous les grands travaux de construction qui s'exécutèrent sous le règne de Louis XIII, et son nom n'a point laissé de traces dans l'histoire de l'art. Le seul témoignage qui nous reste de ses études à cette époque est un dernier ouvrage qu'il publia à Paris en 1624 : *La practique et démonstration des horloges solaires, avec un discours sur les proportions.* » Ce dernier livre est dédié au cardinal de Richelieu.

A cela se bornent tous les renseignements que l'histoire a pu recueillir sur Salomon de Caus. La galerie d'antiquités de la ville de Heidelberg conserve son portrait peint sur bois, à la date de 1619. Sa vie est racontée succinctement à l'envers du panneau ; on y fixe à l'année 1630 la date de sa mort.

Au milieu des simples événements de cette vie paisible, partagée entre la culture des beaux-arts et les devoirs d'une profession libérale, il est difficile de reconnaître le savant que l'on a coutume de nous représenter comme devançant son époque et devinant, deux siècles avant nous, les applications mécaniques de la vapeur. L'obscur architecte normand, qui passa ignoré de ses contemporains et de ses successeurs, est loin de répondre à ce personnage de génie dont le type convenu semble déjà être acquis à l'histoire. Examinons maintenant les passages de ses écrits que l'on a coutume d'invoquer pour lui attribuer la découverte de la machine à feu.

L'ouvrage de Salomon de Caus, *Les raisons des forces mouvantes*, se compose de trois livres, qui ont pour titre, le premier : *Les raisons des forces mouvantes;* le second : *Desseings de grottes et fontaines propres pour l'ornement des palais, maisons de plaisance et jardins ;* et le troisième : *Fabrique des orgues*. C'est dans le premier livre, *Les raisons des forces mouvantes*, que se trouve l'article concernant la vapeur d'eau.

Le titre de cet ouvrage pourrait faire croire qu'il est consacré tout entier à l'étude des forces qui mettent en jeu les machines. Cependant il ne renferme que six pages relatives à l'équilibre de la balance, du levier, de la poulie, des roues à pignons dentelés et de la vis ; le reste est consacré à la description de diverses machines hydrauliques propres à l'élévation des eaux. Vient ensuite l'exposition des moyens à employer pour construire des grottes artificielles, des fontaines rustiques et des cabinets de verdure pour l'ornement des jardins. Le troisième livre est un traité pratique assez complet de la fabrication des orgues d'église.

Donnons en quelques mots une idée des matières contenues dans le premier livre.

Dans un court préambule, l'auteur, suivant les principes de la physique de son époque, annonce qu'il se propose de définir les quatre éléments des corps, parce que tous les effets des machines se rapportent, selon lui, à ces éléments. Comme la définition du feu contient *une ligne* que l'on invoque quelquefois en faveur de Salomon de Caus, nous citerons textuellement le passage qui la renferme.

« *Définition première*. — Le feu, dit Salomon de Caus, est un élément lumineux, *chaud*, *très-sec*, et très-léger, lequel par sa chaleur fait grande violence.

« Il y a deux espèces de feu, l'un élémentaire, lequel n'est sujet à corruption, lequel je crois être la chaleur du soleil, car tout autre feu ou chaleur est sujet à pourriture ; la seconde espèce de feu est le matériel, lequel est dit ainsi, à cause qu'il est nourri et maintenu de matière corporelle, laquelle matière venant à faillir, faut aussi la chaleur, quant à ce qu'il est dit lumineux, c'est à cause du soleil qui est la vraie lumière naturelle, et mesmement la lumière artificielle procède du feu matériel..... ; et quant à la violence du feu, la plus grande procède du feu matériel, chacun sait le dommage qu'il fait où il se met, soit par accident ou entreprise délibérée. En Sicile, le feu s'est mis dedans la cavité du mont Gibella, autrement dit Ætna, lequel bruste il y a fort longtemps ; toutefois, il y a apparence que ce feu prendra fin, quand toute la matière sulfurée qui l'entretient finira ; la violence aussi de plusieurs inventions de machines de guerre est admirable, lesquelles se font avec la poudre à canon ; ainsi le feu matériel nous sert aussi bien à faire du mal comme à faire du bien, et quant au feu élémentaire, il y a

aucunes machines en ce livre, lesquelles ont mouvement par le moyen d'iceluy, comme l'élévation des eaux dormantes et autres machines suivantes icelles non démontrées par cy-devant. »

Après cette singulière définition du feu, qui peut donner une juste idée de la force de ses raisonnements et de ses vues, Salomon de Caus passa à la définition de l'air.

« L'air, dit-il, est un élément froid, sec et léger, lequel se peut presser et se rendre fort violent..... L'air est aussi dit léger, car quelque quantité qu'il y ait d'air dans un vaisseau, il n'en sera plus pesant; et quant à ce qui est dit ici qu'il se peut presser, j'en donnerai ici un exemple : Soit un vaisseau de plomb ou cuivre bien clos et soudé tout à l'entour, marqué A, auquel il y aura un tuyau marqué BC, duquel le bout C approchera près du fond dudit vaisseau d'environ un pouce, et au bout B il y a un petit récipient (entonnoir) pour recevoir l'eau, laquelle verserez dans ledit récipient, et de là descendra au vaisseau, et d'autant que l'air qui est au dedans ledit vaisseau ne peut sortir, et qu'il faut qu'il y ait quelque place, on ne pourra emplir ledit vaisseau, et si le tuyau BC est haut de dix ou douze pieds, il y entrera environ jusques au tiers d'eau, tellement que l'air se pressant, causera une compression, et fera même enfler le vaisseau, s'il n'est pas fort épais, ce qui démontre que l'air se presse, et que cette compression fait violence, comme il se pourra voir en diverses machines en ce livre; mais la violence sera grande quand l'eau s'exhale en air par le moyen du feu et que ledit air est enclos, comme, par exemple, soit une balle (ballon) de cuivre d'un pied ou deux de diamètre, et épaisse d'un pouce, laquelle sera remplie d'eau par un petit trou, lequel sera bouché bien fort après avec un clou, en sorte que l'eau ni l'air n'en puissent sortir; il est certain que si l'on met ladite balle sur un grand feu, en sorte qu'elle devienne fort chaude, qu'il se fera une *compression si violente* que la balle crèvera en pièces, avec bruit semblable à un pétart. »

La lecture du texte original de Salomon de Caus suffit pour rectifier l'interprétation inexacte que l'on a faite de ce passage. On voit que la première expérience qu'il rapporte n'a d'autre but que de démontrer la compressibilité de l'air et de manifester l'un des effets auxquels donne naissance l'air comprimé. L'air condensé par l'afflux de l'eau, dans l'espace AC, s'oppose par sa pression à ce que l'eau vienne occuper la capacité entière du vase. La seconde expérience n'est destinée qu'à montrer les effets de la compression de l'*air échauffé* et non de la vapeur, comme on l'a si souvent avancé. Salomon de Caus nous apprend que, par l'effet de la pression de l'eau *exhalée en air*, un ballon de cuivre peut éclater en mille pièces. Cette phrase : *La violence sera grande quand l'eau s'exhale en air par le moyen du feu*, si souvent invoquée en faveur de Salomon de Caus, prouve seulement qu'il connaissait le fait vulgaire d'un vase métallique rempli d'eau, hermétiquement bouché, et qui éclate par l'action de la chaleur. Mais ce fait était depuis longtemps connu; on le trouve cité dans plusieurs écrits des alchimistes, et Salomon de Caus se borne à le reproduire, sans se douter de la véritable cause de ce phénomène; il n'y voit autre chose que l'effet de l'air engendré par la chaleur et agissant sur l'eau dans un espace fermé.

Après ces définitions, Salomon de Caus passe à l'exposition de divers théorèmes. Le premier est ainsi formulé : *Les parties des éléments se meslent ensemble pour un temps, puis chacun retourne à son lieu.* L'auteur rappelle d'abord que tous les corps de la nature sont « composés et mixtionnés d'éléments..., comme, par exemple, le bois et toute autre chose que la terre procure sont mixtionnés de sec et de l'humide. » Dans le développement de ce théorème, qui est loin d'être toujours intelligible, l'auteur se propose de montrer qu'après la décomposition des corps par l'action de la chaleur, chacun de ses éléments *retourne en son lieu*, « comme, par exemple, le bois se détruit par le moyen de la chaleur, l'humidité s'évapore en haut par extraction que fait la chaleur. Laquelle vapeur, venant à monter avec la chaleur jusqu'à la moyenne région, se quittent l'un l'autre, puis chacun retourne en son lieu, l'humidité retombant sur la terre, qui est ce que nous appelons pluie. » Il donne à l'appui de ce fait une expérience confusément exposée, qui ne saurait réussir telle qu'il l'indique, et qui prouve qu'une certaine quantité d'eau évaporée par la chaleur *retourne en eau*, en produisant la même quantité de liquide (1).

Le théorème II des *Raisons des forces mouvantes* est consacré à discuter le principe du plein universel, thème favori de la physique du moyen âge. Il est ainsi conçu : *Il n'y a rien à nous cogneu de vide.*

Dans les théorèmes suivants, l'auteur arrive aux divers moyens pour *élever l'eau plus haut que son niveau.* Les quatre moyens que Salomon de Caus indique comme propres à élever l'eau sont : 1° le siphon, dans lequel l'eau monte d'abord au-dessus de son niveau dans la branche ascendante, pour

(1) Il ne faudrait pas conclure de l'emploi du mot *vapeur* par l'auteur des *Raisons des forces mouvantes*, qu'il possédât des notions exactes sur la vaporisation des liquides. Le terme de vapeur existait dans le langage, parce qu'il représentait une forme de la matière depuis longtemps observée, mais la nature du phénomène qui donne naissance aux vapeurs était inconnue à cette époque. La théorie de la vaporisation, entièrement ignorée au temps de Salomon de Caus, fut encore un mystère plus d'un siècle après lui. Pendant tout le XVII[e] siècle on continua de confondre avec l'air atmosphérique les vapeurs qui se dégagent pendant l'ébullition des liquides. Salomon de Caus avait des idées si inexactes à cet égard que, dans le théorème dont nous parlons, il prétend que la vapeur d'eau est plus légère que la vapeur de mercure, parce que cette dernière se condense sur la vaisselle dorée, tandis que la vapeur d'eau continue de s'élever dans l'air.

s'écouler plus bas que son niveau dans la branche descendante; 2° la capillarité des tissus de laine ou de coton; 3° la compression de l'air, comme dans la fontaine de Héron, *laquelle*, dit-il, *est une invention fort gentille et subtile*; 4° la vis d'Archimède, *de quoi parle Diodore, Sicilien, et dit qu'Egypte a été asséchée par la vis d'Archimède; Vitruve aussi en fait mention, comme aussi fait Cardan, et dit qu'un de Rubeis, Milanais, pensant être le premier inventeur de cette machine, en devint fou de joie.*

Voici enfin le dernier moyen d'élever l'eau, sur lequel on fait reposer la gloire de Salomon de Caus :

« L'eau montera, par aide du feu, plus haut que son niveau.

« Le troisième moyen de faire monter l'eau est par l'aide du feu, dont il se peut faire diverses machines : j'en donnerai ici la démonstration d'une. Soit une balle de cuivre marquée A, bien soudée tout à l'entour, à laquelle il y aura un soupirail marqué C, par où l'on mettra l'eau, et aussi un tuyau marqué AB, qui sera soudé en haut de la balle, et dont le bout approchera près du fond sans y toucher, après, faut emplir ladite balle d'eau par le soupirail, puis le bien reboucher et le mettre sur le feu : alors la chaleur donnant contre ladite balle, fera monter toute l'eau par le tuyau AB (1). »

Tel est l'appareil qui, selon M. Arago, « est une véritable machine à vapeur propre à opérer des épuisements (2). » Malgré notre juste déférence pour les décisions de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, il nous est impossible de partager son opinion. L'appareil décrit par Salomon de Caus ne peut servir qu'à l'*épuisement* de l'eau contenue dans le ballon A. Pour en élever davantage, il faudrait qu'il existât un moyen d'introduire dans ce ballon une nouvelle quantité d'eau après la sortie de la première. L'auteur ne donne aucune indication sous ce rapport; il dit formellement, au contraire, qu'il faut « remplir ladite balle par le soupirail C, puis le *bien reboucher*. » Sans doute si l'on ajoutait au robinet C un tube plongeant dans un réservoir d'eau froide, le vide se faisant dans l'intérieur du ballon par l'effet de la sortie du liquide, appellerait, par aspiration, une quantité d'eau à peu près égale à celle qui a disparu, et celle-ci s'élèverait à son tour après s'être échauffée. On obtiendrait de cette manière une sorte d'appareil intermittent qui pourrait servir à opérer l'épuisement d'une certaine masse d'eau, à la condition toutefois d'élever l'eau chaude et d'en vaporiser une quantité considérable. Mais Salomon de Caus ne propose rien de semblable, et la raison en est bien simple : c'est qu'il ne songeait nullement à construire une machine. Le petit appareil qu'il décrit est un objet de pure démonstration, une simple expérience de physique; c'est dans l'article consacré aux théorèmes et non dans le chapitre des machines, que se trouve sa description. Aussi, lorsque M. Arago nous parle plus loin d'un ouvrier qui, dans la machine de Salomon de Caus, est chargé de remplacer l'eau expulsée, en ouvrant un orifice qui s'ouvre et se ferme à volonté (1), il est permis de dire que l'illustre écrivain prête à Salomon de Caus une pensée qui n'entra jamais dans son esprit. Si Salomon de Caus avait voulu présenter cet appareil comme une machine de son invention, il n'eût pas manqué de donner à sa description tous les développements nécessaires. Il nous fait connaître en effet, dans la suite de son ouvrage, diverses petites machines qu'il a inventées, entre autres, *une machine fort subtile par laquelle on pourra faire élever une eau dormante au moyen des rayons solaires*; il ne manque pas alors de décrire minutieusement le mécanisme de son appareil, la situation des soupapes, la disposition des tubes, le nombre des bassins et des citernes : en un mot, tout ce qui intéresse le jeu de sa machine.

M. Arago, revenant dans son *Eloge de Watt* sur l'ouvrage de Salomon de Caus, a dit : « Je ne saurais accorder que celui-là n'ait rien fait d'utile, qui, réfléchissant sur l'énorme ressort de la vapeur d'eau fortement échauffée, vit le premier qu'elle pourrait servir à élever de grandes masses de ce liquide à toutes les hauteurs imaginables. Je ne puis admettre qu'il ne soit dû aucun souvenir à l'ingénieur qui, le premier aussi, décrivit une machine propre à réaliser de pareils effets.... L'appareil de Salomon de Caus, cette enveloppe métallique où l'on crée une force motrice presque indéfinie à l'aide d'un fagot et d'une allumette, figurera toujours noblement dans l'histoire de la machine à vapeur (2). » Nous avons fait connaître les idées inexactes professées par Salomon de Caus et par tous les physiciens de son temps sur le phénomène de la vaporisation des liquides; il nous semble donc difficile qu'il ait jamais pu réfléchir « sur l'énorme ressort de la vapeur d'eau fortement échauffée. » Entre la phrase si simple de Salomon de Caus : « la chaleur donnant contre ladite balle fait monter l'eau par le tuyau AB, » et cet « énorme ressort de la vapeur d'eau, » il y a un intervalle assez difficile à comprendre. Quant « à élever de grandes masses de liquide à toutes les hauteurs imaginables », il nous semble que c'est encore ajouter beaucoup à la pensée de l'auteur, qui ne parle que de faire monter l'eau au-dessus de son niveau, hauteur que l'on peut s'imaginer sans trop de peine.

(1) *Les raisons des forces mouvantes*, 1615, p. 4.

(2) *Notice sur la machine à vapeur.* (*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1837, p. 236.)

(1) « Dans la machine de Salomon de Caus, dès que la pression de la vapeur a produit son effet, un ouvrier remplace l'eau expulsée à l'aide d'un orifice situé à la partie supérieure de la sphère métallique et qui s'ouvre ou se ferme à volonté. » (*Notice sur la machine à vapeur, Annuaire du Bureau des longitudes*, 1837, p. 256.)

(2) *Annuaire du Bureau des longitudes*, 1839, p. 285.

Il ne sera pas inutile de faire remarquer, en passant, que la découverte de ce nouveau moyen d'élever l'eau était loin d'appartenir à Salomon de Caus. Dans une traduction italienne de l'ouvrage latin du physicien napolitain Porta, *Pneumaticorum libri tres*, publiée à Naples en 1601, on trouve la description d'un petit appareil qui a pour but de déterminer en combien de parties d'air peut se transformer une partie d'eau (*Per sapere una parte di acqua in quanto di aria si risolve*). Porta détermine en combien de parties d'air se transforme une partie d'eau, en se servant de la pression qu'exerce de la vapeur d'eau sur de l'eau liquide contenue dans un petit réservoir. Or, ce moyen d'élever l'eau en exerçant sur elle une pression par l'effet de la chaleur, Porta est loin de le décrire comme une invention qui lui appartienne. Il était, en effet, connu bien longtemps avant lui, et dans l'ouvrage de Héron on trouve plus de vingt appareils fondés sur ce principe, dont la cause seulement échappait aux physiciens de cette époque. Aussi Porta est-il loin de s'attribuer la première observation de ce fait; il le prend dans le courant des opinions communes, et le présente avec simplicité, comme un moyen d'établir par l'expérience une vérité qu'il recherche. On ne peut donc admettre, avec M. Arago, que Salomon de Caus ait fait le premier une observation de ce genre.

Nous ne pouvons davantage admettre que l'architecte normand ait eu la pensée de présenter son appareil comme créant « une force motrice presque indéfinie. » Salomon de Caus est bien loin d'élever des prétentions aussi hautes. Le petit appareil qu'il fait connaître, il le met sur la ligne du siphon, de la fontaine de Héron et même des tissus humectés. Que pensez-vous des effets mécaniques d'une machine destinée à rivaliser avec la capillarité des tissus! Certes, si Salomon de Caus avait eu le projet qu'on lui prête, s'il avait voulu présenter son appareil comme susceptible de créer une force applicable aux travaux de l'industrie, le lieu était bien choisi de le déclarer nettement dans un livre sur les forces mouvantes. S'il avait eu quelque pensée de ce genre, il n'eût pas manqué de s'en exprimer clairement et formellement : il eût ainsi évité aux historiens les épineux commentaires où il les a contraint de s'engager.

Ainsi Salomon de Caus trouva dans la science de son temps la notion vague, imparfaite et confuse, des effets mécaniques de la vapeur d'eau, effets que l'on n'avait pas encore réussi à distinguer de ceux de l'air échauffé. Il signala ce fait dans l'un de ses écrits sans y ajouter plus d'importance qu'on ne le faisait à son époque, et sans songer un instant à l'appliquer à la construction d'une machine motrice utile à l'industrie. Ce qui prouve qu'il n'ajoutait rien aux idées scientifiques de son temps, c'est que son ouvrage ne produisit aucune impression sur l'esprit de ses contemporains. Consulté seulement par quelques personnes de sa profession, le livre de l'architecte normand, qui traite au même titre des forces mouvantes, du dessin des grottes et fontaines et de la fabrication des orgues, occupa fort peu les physiciens. Le jésuite Gaspard Schott est le seul qui, dans son ouvrage imprimé en 1657, sous le titre *Mechanica hydraulico-pneumatica*, fasse mention du nom et de l'ouvrage de Salomon de Caus. Aucun autre auteur de son siècle n'a parlé de cet appareil, et son parent, Isaac de Caus, qui écrivit, quelques années après lui, un traité sur les moyens d'élever les eaux, ne cite pas même l'ouvrage de son homonyme. Nous sommes donc contraint de rejeter l'opinion universellement répandue qui fait de Salomon de Caus un savant du premier ordre qui, par la force de son génie, sut deviner et construire, il y a deux siècles, la machine à vapeur. Nous sera-t-il permis d'ajouter, par forme de conclusion, qu'il serait bon, dans l'histoire des sciences, de se montrer sobre de ces types romanesques d'hommes de génie qui devancent leur époque, et qui tout d'un coup font briller la lumière aux yeux de leurs contemporains, plongés dans la nuit de l'ignorance et des préjugés? Rarement un savant devance son époque. Appliquer les notions acquises de son temps, en déduire toutes les conséquences qu'elles renferment, cette tâche suffit à occuper son génie. Raisonner autrement, c'est introduire la fantaisie dans le domaine de l'histoire; c'est donner une idée fausse de la marche ordinaire de l'esprit humain et des lois qui président à l'évolution de nos découvertes; c'est enfin placer les esprits sur une pente dangereuse. En effet, quand un savant, raisonnant de bonne foi, a contribué à répandre dans le public un de ces préjugés scientifiques, ce faux germe jeté dans la foule ignorante ne tarde pas à porter ses fruits. On ne se fait pas scrupule de renchérir sur la donnée primitive, et sur la trame de cet épisode enjolivé de l'histoire scientifique, on se met à broder sans façon un chapitre de roman. En ce qui touche Salomon de Caus, cette conséquence ne s'est pas fait attendre. En 1834, quelques années après la publication de la notice de M. Arago, le *Musée des familles* publia une prétendue lettre datée du 3 février 1641, adressée par Marion Delorme à Cinq-Mars. Cette femme trop célèbre raconte dans cette épître les détails d'une visite qu'elle a faite à Bicêtre, en compagnie du marquis de Worcester. Pendant leur visite aux aliénés de Bicêtre, Marion Delorme et le marquis aperçoivent, à travers les barreaux de son cabanon, un homme réduit à l'état de folie furieuse, qui ne cesse de crier à tous les visiteurs qu'il a fait une découverte admirable consistant à faire marcher les voitures et les manéges par la seule force de l'eau bouillante. Le marquis de Worcester s'extasie sur l'infortune et sur le génie de cet homme, et Marion écrit le tout à Cinq-Mars en style badin :

« Suivant le désir que vous m'en avez

exprimé, dit Marion, je fais les honneurs de Paris à votre lord anglais, le marquis de Worcester, et je le promène, ou plutôt il me promène de curiosités en curiosités, témoin la visite que nous sommes allés faire à Bicêtre, et où il prétend avoir découvert dans un fou un homme de génie. Comme nous traversions la cour des fous, un homme se montre derrière de gros barreaux, et se met à crier : — Je ne suis pas fou ; j'ai fait une découverte qui enrichira le pays qui voudra la mettre à exécution. — Et qu'est-ce que sa découverte ? dis-je à celui qui nous montroit la maison. — Ah ! dit-il, en haussant les épaules, quelque chose de bien simple et que vous ne devineriez jamais : c'est l'emploi de l'eau bouillante. Je me mis à rire. — Cet homme, reprit le gardien, s'appelle Salomon de Caus. Il est venu de Normandie, il y a quatre ans, pour présenter au roi un mémoire sur les effets merveilleux de la vapeur. Le cardinal renvoya ce fou sans l'écouter. Salomon de Caus, au lieu de se décourager, se mit à suivre partout monseigneur le cardinal, qui, las de le trouver sans cesse sur ses pas, et importuné de ses folies, ordonna de l'enfermer à Bicêtre, où il est depuis trois ans et demi. Il crie à chaque étranger qu'il n'est point un fou, et qu'il a fait une découverte admirable. — Menez-moi près de lui, dit Worcester ; je veux l'interroger. On l'y conduisit, mais il revint triste et pensif. — Maintenant il est bien fou, dit-il ; le malheur et la captivité ont altéré à jamais sa raison. Vous l'avez rendu fou ; mais quand vous l'avez jeté dans ce cachot, vous y avez jeté le plus grand génie de votre époque ; et dans mon pays, au lieu de l'enfermer, on l'auroit comblé d'honneurs et de richesses. »

Cette pièce fabriquée par un mystificateur hardi, eut un succès prodigieux, et l'on ne manqua pas de dire que le marquis de Worcester, à qui ses compatriotes attribuent la découverte de la machine à vapeur, en avait puisé l'idée dans sa conversation avec le fou de Bicêtre. On pouvait cependant élever contre l'authenticité de cet écrit quelques objections qui ne manquent pas de solidité. On pouvait faire remarquer, entre autres choses, que Salomon de Caus, mort en 1630, aurait pu difficilement être renfermé en 1641 dans un hôpital de fous ; — que Bicêtre était alors une commanderie de Saint-Louis, où l'on donnait asile à d'anciens militaires, et non un hôpital ; — que Salomon de Caus n'avait jamais pensé à construire une machine utilisant les effets mécaniques de la vapeur ; — enfin qu'il n'avait jamais reçu que de bons offices de la part de Richelieu, puisque dans la dédicace de son livre : ***La practique et démonstration des horloges***, il exprime sa reconnaissance pour les bontés du cardinal. Mais le public n'y regarde pas de si près, et bien des gens ne renoncent pas sans douleur à la bonne fortune historique d'un homme de génie mourant à l'hôpital. Un sujet si bien trouvé revenait de droit aux œuvres de l'imagination et de l'art. Tout Paris a vu à l'une des expositions du Louvre un tableau de l'un de nos peintres, M. Lecurieux, dans lequel Salomon de Caus, enfermé à Bicêtre, est représenté les yeux caves et la barbe hérissée, tendant les mains, à travers les barreaux de sa prison, au couple brillant de Marion Delorme et du marquis ; la lithographie et la gravure ont consacré à l'envi ce préjugé historique, le roman l'a exploité (1), de telle sorte que l'architecte normand tient aujourd'hui sa place à côté de Galilée et de Christophe Colomb sur la liste des hommes de génie persécutés et méconnus.

Pendant la période qui nous occupe, les physiciens ne possédaient sur la vaporisation des liquides que quelques notions confuses, viciées par une interprétation théorique des plus inexactes, consistant à rapporter à l'air échauffé la plupart des phénomènes qui proviennent du ressort de la vapeur. Les faibles effets mécaniques que l'observation vulgaire avait révélés concernant la force élastique de la vapeur d'eau n'étaient alors l'objet que d'applications insignifiantes ou ridicules. Si quelques doutes pouvaient subsister sur ce point, les faits qu'il nous reste à présenter seraient de nature à les dissiper.

Le P. Leurechon, jésuite lorrain, a publié en 1626, sous le titre de ***Récréations mathématiques***, un ouvrage souvent réimprimé depuis, et qui donne un reflet fidèle de l'état des connaissances physiques et mécaniques au XVIIe siècle. Le petit appareil connu sous le nom d'***éolipyle*** fixait beaucoup l'attention des physiciens de l'époque. Le P. Leurechon va nous montrer quelles applications on imaginait alors d'en tirer.

« Les éolipyles, dit le P. Leurechon (problème 75), sont des vases d'airain, ou autre semblable matière qui puisse endurer le feu ; ils ont un petit trou fort étroit par lequel on les emplit d'eau, puis on les met devant le feu, et jusqu'à ce qu'ils s'échauffent on n'en voit aucun effet ; mais aussitôt que le chaud les pénètre, l'eau, venant à se raréfier, sort avec un sifflement impétueux et puissant à merveille... Quelques-uns font mettre dans ces soufflets un tuyau courbé à divers plis et replis, afin que le vent qui roule avec impétuosité par dedans, imite le bruit d'un tonnerre. D'autres se contentent d'un simple tuyau dressé à plomb, un peu évasé par le haut, pour y mettre une petite boule qui sautille par-dessus, fait à fait que les vapeurs sont poussées dehors. Finalement, quelques-uns appliquent auprès du trou des moulinets ou choses semblables, qui tournevirent par le mouvement des vapeurs, ou bien, par le moyen de deux ou trois tuyaux recourbés en dehors, font tourner une boule. »

Ces moulinets, ou choses semblables qui tournevirent par le mouvement des vapeurs, nous allons les retrouver chez d'autres phy-

(1) M. François Fertiault a publié sous le titre de : *Un martyr de l'intelligence*, un poëme inspiré par l'idée de réhabilitation combattue par l'auteur de cet article. (*Note de l'éditeur.*)

siciens ou XVII siècle : les applications puériles que l'on fait alors des propriétés de la vapeur d'eau montreront suffisamment quel rôle jouaient, dans la science de cette époque, les notions relatives à la vapeur.

Giovanni Branca, architecte de l'église de Lorette, savant très-peu connu et qui n'a laissé que quelques ouvrages sur l'architecture et la mécanique, a publié à Rome, en **1629**, sous le titre de *Le Machine*, un recueil des principales machines connues de son temps. Branca n'est point l'inventeur des machines qu'il décrit ; c'est seulement à la prière de ses amis qu'il fait, dit-il, cette publication, car il ne connaît point les noms des auteurs des différents appareils dessinés dans son ouvrage. L'une des machines décrites par Giovanni Branca est un éolipyle ainsi composé : le buste d'une statue métallique creuse est placé sur un brasier ; un trou qui se ferme à vis sert à introduire de l'eau dans ce buste ; un tube adapté à sa bouche lance la vapeur contre les augets d'une roue horizontale. Celle-ci, au moyen d'une roue dentée, met en action deux pilons ; « ces pilons, dit Branca, broieront de la *poudre* ou toute autre matière que l'on voudra (1). »

J'imagine que cet appareil était destiné à broyer *toute autre matière*, car l'existence d'un foyer à quelques pas de la poudre n'aurait pas été marquée au coin d'une prudence excessive. « Je n'ai pas encore deviné, dit M. Arago en parlant de l'appareil Branca, d'après quelles analogies on a pu voir dans cet éolipyle le premier germe de la machine à vapeur employée de nos jours. » La liaison serait en effet difficile à saisir. Le principe de la machine à vapeur moderne repose sur la force élastique de la vapeur d'eau contenue dans un espace fermé ; ici il s'agit, au contraire, du simple effet d'impulsion que produit un courant de vapeur. Un courant d'air chassé par un soufflet et dirigé contre les augets de la roue aurait produit un effet tout semblable. Cette assimilation est tellement fondée, que Branca décrit, dans une autre partie de son livre, une machine analogue à la précédente, dans laquelle seulement l'action de la vapeur est remplacée par celle de l'air chaud. Une roue à augets, placée au sommet du tuyau d'une cheminée en activité, tourne par l'effet du courant d'air échauffé qui s'élève du foyer ; divers engrenages communiquent le mouvement de cette roue à un laminoir qui transforme des lames de métal en médailles ou en pièces de monnaie (2).

Cette insignifiante application de l'éolipyle, faite par l'architecte romain, est cependant revendiquée par Robert Stuart en faveur de l'un de ses compatriotes. « L'ingénieur et savant évêque Wilkins est le premier auteur anglais, dit Robert Stuart, qui parle de la possibilité de faire mouvoir des machines par la force élastique de la vapeur (1). » Jean Wilkins, beau-frère de Cromwel et évêque de Chester, qui, malgré ses travaux de théologie, s'était rendu habile dans les sciences physiques et mathématiques, a publié sous le titre de *Mathematical magick* un ouvrage où il dit quelques mots de l'éolipyle. « On peut, dit l'évêque de Chester, employer les éolipyles de diverses manières, soit comme amusement, soit pour enfler et pousser des voiles attachées à une roue placée dans le coin d'une cheminée, au moyen de laquelle on peut faire tourner un tournebroche. »

Robert Stuart nous a déjà parlé d'un éolipyle appliqué au XVIe siècle à faire marcher un tournebroche. Il paraît qu'à cette époque l'emploi mécanique de la vapeur d'eau ne pouvait s'élever au-dessus de cet engin de cuisine.

Ainsi, jusqu'à la période à laquelle nous sommes parvenus, on connaît vaguement quelques-uns des effets mécaniques que peut exercer la vapeur d'eau. Mais là s'arrêtent toutes les notions. Les applications de ce fait sont à peu près nulles, car on ne s'en sert que pour la démonstration de principes erronés ou pour faire manœuvrer des jouets d'enfant. Quant à la théorie du phénomène, on continue d'admettre à cet égard l'erreur de l'ancienne physique, c'est-à-dire la transformation de l'eau en air par le fait de la chaleur. Nous avons vu Porta, Salomon de Caus et le P. Leurechon professer cette théorie ; le P. Kircher va la formuler pour nous d'une manière encore plus explicite.

Le P. Kircher, dont l'esprit fécond et l'imagination active s'exerçaient sur toutes les branches de la science de son époque, a publié à Rome, en 1641, un ouvrage intitulé : *Magnes, sive de magnetica arte*, dans lequel il décrit plusieurs de ces appareils curieux qu'il aime tant à faire connaître. L'un de ces appareils est un vase métallique allongé contenant de l'eau à sa partie inférieure. Cette eau étant portée à l'ébullition, la vapeur s'introduit, à l'aide d'un tube, dans un vase supérieur, et par le fait de la pression qu'elle exerce sur de l'eau contenue dans ce vase, elle fait jaillir celle-ci par un ajutage. Rien de plus simple, on le voit, que le mécanisme de cet appareil. Or, voici comment le P. Kircher nous rend compte de ses effets :

« L'appareil étant ainsi préparé, si vous voulez qu'il chasse le liquide à une grande hauteur *par la force du feu*, placez le vase sur le feu après l'avoir rempli d'eau. *L'air de ce vase*, comprimé par la raréfaction et ne trouvant d'issue que par le tube, y passera avec violence et tentera de s'échapper dans

(1) *Le Machine*, del signor G. Branca, p. 24.

(2) Au XVIe siècle, Cardan avait décrit une machine à peu près semblable sous le nom de *machine à fumée*. Elle était formée de feuilles de tôle taillées à peu près comme des ailes de moulin et disposées de la même manière autour d'un axe mobile; on la plaçait horizontalement dans le tuyau d'une cheminée. On attribuait à la fumée le principe d'action de cette machine, mais Cardan remarque avec raison que la flamme semble plutôt contribuer à ses effets.

(1) *Histoire descriptive de la machine à vapeur*, p. 35.

le vase supérieur. Mais comme une autre liqueur occupe ce vase supérieur, maintenu dans un espace qu'il ne peut franchir, il entreprend une lutte terrible avec l'eau : il faut donc, ou que le vase soit rompu, ou que l'eau cède. Et comme cela est plus facile, l'eau, cédant enfin à *l'effort violent de l'air raréfié*, s'élancera dans l'air avec une grande impétuosité par le tube, et fournira un coup d'œil agréable aux spectateurs. »

Ainsi le jeu de ce petit appareil, qui ne fonctionne que par la pression de la vapeur d'eau, était rapporté par Kircher à la seule action de l'air dilaté par la chaleur. On peut juger par là de la nature des idées théoriques qui régnaient chez les physiciens du XVII[e] siècle touchant le phénomène de la vaporisation des liquides.

Nous ne nous sommes guère attaché depuis le commencement de cette étude qu'à combattre les opinions communément admises sur l'origine de la machine à vapeur. Cependant nous n'en avons pas fini sur ce point, car nous n'avons rien dit encore de l'opinion qui rapporte cette découverte au marquis de Worcester.

Ce n'est pas un fait médiocrement curieux que l'obstination avec laquelle l'Angleterre persiste depuis plus d'un siècle à attribuer au marquis de Worcester la première idée des applications mécaniques de la vapeur. Interrogez au hasard un citoyen de la Grande-Bretagne, dans l'atelier, dans la chaumière, dans le club, partout on vous dira que la machine à feu a été inventée par le marquis de Worcester qui vivait au temps de Cromwell. Aucun auteur anglais ne saurait écrire dix lignes sur ce sujet sans adresser en passant son hommage au noble inventeur. Les nombreux écrivains qui, dans des ouvrages spéciaux ou les encyclopédies, se sont occupés de ce sujet, tels que le docteur Robison, le docteur Rees, MM. Millington, Nicholson, Lardner, Alderson, Tredgold et Thomas Young, sont unanimes sur ce point; presque tous prennent comme point de départ de l'histoire de la machine à vapeur les travaux de Worcester. M. Pardington, de l'Institution de Londres, dans une édition qu'il a donnée en 1825 de l'ouvrage du marquis, décide que « Worcester est le premier qui ait découvert un moyen d'appliquer la vapeur comme agent mécanique; invention qui suffirait seule pour immortaliser le siècle dans lequel il vivait. » C'est en vain que M. Arago, donnant un corps à l'évidence, a fait justice, dans sa célèbre notice, des prétendus droits de Worcester; les ouvrages anglais écrits postérieurement au travail de l'illustre académicien reproduisent imperturbablement la même assertion, et les auteurs d'un ouvrage important récemment publié par une société de mécaniciens anglais (*Artisan club*), répètent avec assurance : « C'est sans aucun doute à la conception du marquis de Worcester qu'il faut rapporter l'origine des machines à vapeur susceptibles d'application. »

Pour justifier tant de ténacité dans la défense d'une opinion historique, il faut que les témoignages qui l'appuient soient d'une force peu commune. Voyons sur quels documents on la fonde.

Le marquis de Worcester publia à Londres, en 1663, un ouvrage intitulé : *Century of inventions*, etc. (*Catalogue descriptif des noms de toutes les inventions que je puis me rappeler avoir faites ou perfectionnées, ayant perdu mes premières notes*). Ce livre, d'un style des plus obscurs, contient de très-courtes descriptions et quelquefois la simple annonce de cent machines, inventions ou découvertes que l'auteur s'attribue. Il s'exprime ainsi dans sa soixante-huitième invention :

« J'ai inventé un moyen aussi admirable que puissant pour élever l'eau par le moyen du feu, non pas avec le secours de la pompe, parce que celle-ci n'agit, selon l'expression des philosophes, que *intra spheram activitatis*, qui a très-peu d'étendue; au contraire, cette nouvelle puissance n'a pas de bornes, si le vase est assez fort. J'ai pris, par exemple, une pièce de canon dont le bout était brisé. J'en ai rempli les trois quarts d'eau, j'ai bouché ensuite, et fermé à l'aide de vis le bout cassé ainsi que la lumière, et fait continuellement du feu sous le canon : au bout de vingt-quatre heures il éclata avec un grand bruit. *De sorte* qu'ayant trouvé une manière de construire mes vases au moyen de laquelle ils se fortifient les uns les autres (1), et de les remplir l'un après l'autre, j'ai vu l'eau jaillir comme un jet continuel à quarante pieds de haut. Un vase d'eau raréfié par le feu en fait monter quarante d'eau froide. L'homme qui surveille le jeu de la machine n'a qu'à tourner deux robinets, afin qu'un vase d'eau étant épuisé, l'autre commence à forcer et à se remplir d'eau froide, et ainsi de suite, le feu étant constamment alimenté et soutenu, ce qu'une même personne peut faire aisément dans l'intervalle de temps où elle n'est pas occupée à tourner les robinets. »

Le lecteur attend sans doute la suite de cet imbroglio; mais cet imbroglio n'a pas de suite, et les lignes précédentes renferment tout ce que le marquis de Worcester a jamais écrit sur les applications mécaniques de la vapeur. Maintenant, que l'on veuille bien peser avec soin tous les termes de cette description et que l'on décide si l'on peut y trouver, nous ne disons pas l'idée de la machine à vapeur, mais seulement un sens raisonnable. Tout ce qu'il est permis de comprendre à ce logogriphe, c'est que l'auteur a reconnu par expérience qu'une pièce de canon remplie d'eau et hermétiquement bouchée peut éclater par l'action prolongée de la chaleur. Ce fait, sans portée

(1) M. Arago traduit autrement ce passage ; voici sa version : « Ayant alors trouvé le moyen de former des vases de telle manière qu'ils sont consolidés par la force intérieure. » Au reste, le texte original est ainsi conçu : « Having a way to make my vessels so that they are *strenghened by the force within* them. »

scientifique, était depuis longtemps connu (1). Quant à la description de la machine, elle est de tout point inintelligible. Les savants et les mécaniciens anglais ont mis leur esprit à la torture pour représenter par le dessin un appareil réunissant les conditions indiquées dans l'ouvrage de Worcester; mais ils n'ont pu le faire qu'en y introduisant des éléments d'origine moderne, et toutes les machines que l'on a ainsi péniblement reconstruites pour donner quelque vraisemblance aux assertions du marquis, ont cela de fort curieux, que pas une d'elles ne ressemble à l'autre. Comment en effet tirer quelque chose de raisonnable d'une description fait en quatre lignes, et où tout se réduit à dire : « un des vases étant épuisé, l'autre commence à *forcer et à se remplir d'eau froide.* » De tels documents ne se discutent pas; il suffit de les citer.

Malgré le parti pris des écrivains anglais en ce qui touche les droits de leur compatriote, il s'est rencontré parmi eux un savant assez ami de la vérité et du bon sens pour rendre à l'évidence un hommage d'autant plus louable qu'il n'a rencontré jusqu'ici que peu d'imitateurs. Robert Stuart, dans son *Histoire descriptive de la machine à vapeur*, s'exprime ainsi au sujet du marquis de Worcester :

« Le plus célèbre de tous ceux qui ont associé leurs noms à l'histoire de la machine à vapeur dans son enfance, est un marquis de Worcester, qui vivait sous le règne de Charles II. Cette célébrité paraîtra fort extraordinaire, si l'on se rappelle d'un côté le dédain avec lequel on accueillit de son vivant ses prétentions extravagantes à l'honneur de plusieurs découvertes, la brièveté étudiée, le vague et l'obscurité qu'il a mis dans les descriptions des machines sur lesquelles il fondait ses titres de gloire et ses demandes d'encouragement; et de l'autre, en voyant cet hommage éclatant que notre siècle a décerné à son génie mécanique, hommage qui paraît être autant au-dessus de son mérite réel que l'injuste indifférence de ces contemporains était au-dessous de son talent.

« Ses droits comme inventeur ne reposent au reste que sur le compte qu'il rend lui-même de l'*utilité* et des *merveilleuses propriétés* de ses inventions ; c'est donc sur la réputation de loyauté et de sincérité du marquis que nous devons mesurer la confiance que méritent ses propres assertions. Mais cette réputation, si l'esquisse qu'un contemporain a tracée du marquis ressemble à l'original, ne nous permet pas de croire un seul mot des explications mensongères consignées dans l'ouvrage intitulé : *Century of inventions.* « Le marquis de Worcester, dit Walpole, s'est montré sous deux caractères bien « différents, savoir : comme homme public « et comme auteur. Comme homme public, « c'était un homme de parti ardent, et comme « auteur, c'était un mécanicien original et « fertile en projets chimériques; mais il était « de bonne foi dans ses erreurs. Ayant été « envoyé par le roi en Irlande, pour négocier avec les catholiques révoltés, il dépassa ses instructions et leur en substitua « de son fait, que le roi désavoua, mais toutefois en le mettant à l'abri des conséquences fâcheuses que pouvait avoir son « infidélité. Le roi, avec toute son affection « pour le comte (il était alors comte de Glamorgan), rappelle dans deux de ses lettres « son défaut de jugement. Peut-être Sa Majesté aimait-elle à se confier à son indiscrétion, car le comte en avait une forte « dose. Nous le voyons prêter serment sur « serment au nonce du pape, avec promesse d'une obéissance illimitée à Sa « Sainteté et à son légat ; nous le voyons « ensuite demander cinq cents livres sterling au clergé d'Irlande, pour qu'il puisse « s'embarquer et aller chercher une somme « de cinquante mille livres sterling, comme « ferait un alchimiste qui demande une petite somme pour procurer le secret de « faire de l'or. Dans une autre lettre, il promet deux cent mille couronnes, dix mille « armements de fantassins, deux mille caisses de pistolets, huit cents barils de poudre, et trente ou quarante bâtiments bien « équipés, et tout cela, au dire d'un contemporain, lorsqu'il n'avait pas un sou « dans sa bourse, ni assez de poudre pour « tirer un coup de fusil (1). »

Tel est le personnage auquel on veut faire jouer le rôle d'inventeur de la machine à feu. Il est difficile qu'au milieu des événe-

(1) M. Delécluze a fait connaître, en 1841, dans le journal *l'Artiste*, un croquis assez informe retrouvé dans les manuscrits de Léonard de Vinci, représentant un instrument que l'illustre peintre de la Renaissance désigne sous le nom d'*architonnerre*. Cet appareil était fondé sur les propriétés explosives de la vapeur d'eau comprimée. On reconnaît, en effet, en examinant avec soin ses dispositions, que la vapeur n'y pouvait agir qu'en le faisant éclater en mille pièces. M. Delécluze a vu dans cet instrument un véritable *canon à vapeur* et l'a décrit comme tel. L'habile critique des *Débats* nous permettra de ne pas accepter son interprétation; l'architonnerre ne pouvait servir à chasser un boulet, mais simplement à tuer, par suite de son explosion inévitable, l'imprudent qui aurait essayé de l'employer.

(1) Robert Stuart va jusqu'à mettre en doute la réalité des inventions du marquis. « S'il est vrai, dit cet historien, que le marquis ait jamais fait des expériences sur l'élasticité de la vapeur (car il est permis de mettre en doute l'explication du canon), ou ait tenté de mettre à exécution son projet en construisant une machine, il est vrai de dire qu'il ne reste aucune trace ni de ses expériences, ni de son appareil : aussi il est plus raisonnable de révoquer en doute les travaux dont il se glorifie. La clause de l'acte du parlement par laquelle on lui accorde le privilége de son monopole fortifie singulièrement notre soupçon, et lui donne presque un caractère de certitude : car il y est expressément dit (et cette clause prouve que le procédé était tout nouveau) que le brevet a été délivré au marquis sur sa *simple affirmation* qu'il était l'auteur de la découverte. Il n'est pas vraisemblable qu'on eût motivé ainsi son brevet, s'il eût eu une machine à montrer ou une expérience à rapporter. »

ments de sa carrière agitée il ait trouvé des loisirs à consacrer à l'étude des sciences. Ses écrits concernant la mécanique se bornent à son petit livre *Century of inventions.* Nous n'avons rien à dire en effet d'un autre ouvrage qu'il publia sous le titre de *An exact and true definitio*, etc. (*Definition vraie et exacte de la plus étonnante machine hydraulique inventée par le très-honorable Edouard Somerset, lord-marquis de Worcester, digne d'être loué et admiré, présenté par Sa Seigneurie à Sa Majesté Charles II, notre très-gracieux souverain*). Cette *définition vraie et exacte* n'est consacrée qu'à l'énumération des usages extraordinaires de son *admirable méthode d'élever l'eau par le moyen du feu.* L'ouvrage ne contient pas une ligne relative à la description de l'appareil; tout se réduit à une exposition emphatique des services qu'il peut rendre. On y trouve ensuite un acte du parlement qui accorde au marquis le privilége de sa machine, quatre mauvais vers de sa façon en l'honneur de sa découverte, puis le *exegi monumentum* d'Horace, le tout glorieusement terminé par quelques vers latins et anglais à la louange du noble inventeur, dus à la plume de James Rollock, vieil admirateur de sa seigneurie.

Il est assez curieux de connaître la circonstance qui a donné aux savants anglais l'étrange idée d'attribuer l'invention de la machine à feu au nébuleux auteur du *Century of inventions.* Voici, si nous ne nous trompons, quelle en fut l'origine. Au commencement du XVIIIe siècle, lorsque furent construites les premières machines à vapeur qui aient fonctionné en Europe, des discussions assez vives s'élevèrent entre plusieurs mécaniciens qui réclamaient la priorité de l'invention. Le capitaine Savery, qui, comme nous le verrons, a construit la première machine à vapeur qu'ait employée l'industrie, voulait s'attribuer l'honneur tout entier de cette découverte. Denis Papin, informé de ses prétentions, écrivit aussitôt pour établir ses droits de priorité : l'illustre physicien vivait alors en Allemagne; son refus d'abjurer la religion réformée lui interdisait l'entrée de la France. Il y avait alors à Orléans un savant abbé nommé Jean de Hautefeuille, grand amateur de mécanique. Le pieux abbé ne put supporter la pensée de voir décerner à un hérétique l'honneur d'une si importante découverte, et dans sa *Lettre à M. Bourdelot* il contesta les droits de Papin (1). Ce fut alors que les Anglais, entrant dans la querelle, produisirent l'ouvrage, jusque-là inaperçu ou méprisé, du marquis de Worcester. Cette intervention, qui semblait mettre les parties d'accord, termina le débat, et la victoire resta acquise au génie britannique. Mais on le voit, le zèle de l'abbé de Hautefeuille avait été bien mal inspiré, car le marquis de Worcester, en sa qualité d'Anglais, était tout aussi hérétique que Papin; ainsi, l'abbé de Hautefeuille n'avait rien fait gagner à la religion, et du même coup il avait dépossédé sa patrie de la gloire légitime qui lui revenait. Cependant le moment approchait où les vagues et confuses notions de la physique du moyen âge allaient faire place à une science positive. L'institution de la physique moderne date, avons-nous vu, de la mort de Galilée. On aurait dit que les sciences n'attendaient que la mort de l'illustre philosophe pour prendre l'essor qu'elles devaient à son génie. La découverte du baromètre par Torricelli et Pascal marqua le premier pas de la physique naissante. Comme cette grande découverte se lie de la manière la plus étroite à celle de la machine à vapeur, ou plutôt comme la machine à feu proposée par Denis Papin en 1690 n'est que la conséquence de l'application des faits mis en lumière par suite de l'invention du baromètre, nous devons rappeler la série de circonstances qui amenèrent les physiciens du XVIIe siècle à découvrir les effets de la pression atmosphérique.

En 1630, le doux et modeste Torricelli, qui, comme Pascal, devait mourir à trente-neuf ans, étudiait les mathématiques à Rome, et manifestait les dispositions brillantes qui devaient le placer bientôt au rang des premiers géomètres de son époque. Il se lia intimement avec Castelli, le disciple chéri de Galilée. Castelli retira le plus grand profit, pour ses travaux, des conseils du jeune mathématicien romain, et en retour il communiqua à son ami les découvertes et les vues scientifiques de Galilée. C'est ainsi que Torricelli fut amené à connaître le fait qui devait donner naissance entre ses mains à la découverte du baromètre.

Les fontainiers du grand-duc de Florence avaient construit, pour amener l'eau dans le palais ducal, des pompes aspirantes dont le tuyau dépassait quarante pieds de hauteur: quand on voulut les mettre en jeu, l'eau refusa de s'élever jusqu'à l'extrémité du tuyau. Galilée, consulté sur ce fait, mesura la hauteur à laquelle s'arrêtait la colonne d'eau, et il la trouva d'environ trente-deux pieds. Il apprit alors des ouvriers employés à ce travail que ce phénomène était constant, et que l'eau ne pouvait jamais s'élever, dans les pompes aspirantes, à une hauteur supérieure à trente-deux pieds. L'ascension de l'eau dans les pompes s'expliquait alors par le principe de l'*horreur du vide*, axiome célèbre de la scolastique : la nature, disait-on, n'admettait que le plein, et, comme elle ne pouvait souffrir le vide qui se serait trouvé entre le piston soulevé et le niveau de l'eau, celle-ci était forcée de le suivre dans son ascension. Sans rejeter entièrement l'opinion des physiciens de son temps, Galilée crut pouvoir expliquer le fait en disant que la longueur d'une colonne d'eau de trente-deux pieds produisait un poids trop considérable pour que la base de la colonne

(1) *Lettre de M. de Hautefeuille à M. Bourdelot, premier médecin de madame la duchesse de Bouillon sur le moyen de perfectionner l'ouïe*, 1702, p. 14.

liquide pût le supporter. Il comparait ce phénomène à celui que présente une corde horizontale tendue à ses deux extrémités, et qui à une certaine longueur finit par se rompre, parce qu'elle ne peut plus supporter son propre poids (1).

Torricelli, méditant sur ce fait, soupçonna que la pression de l'atmosphère agissant sur la surface du liquide pouvait être la cause de l'ascension de l'eau dans le tuyau des pompes. Pour vérifier cette conjecture par l'expérience, il essaya de reproduire le même phénomène en employant un liquide plus pesant que l'eau. Comme le mercure présente une densité environ quatorze fois supérieure à celle de l'eau, la théorie indiquait que la pression de l'air pourrait seulement tenir en équilibre une colonne de mercure à une hauteur quatorze fois moindre, c'est-à-dire à vingt-huit pouces. Il remplit donc de mercure un tube de verre de trois pieds de long, fermé à l'une des extrémités, boucha avec le doigt son extrémité inférieure, et plongea le tube, ainsi préparé, dans une cuvette pleine de mercure; retirant alors le doigt, il vit le mercure descendre en partie dans l'intérieur du tube, et après quelques oscillations rester suspendu en équilibre à la hauteur de vingt-huit pouces au-dessus du niveau du mercure de la cuvette, c'est-à-dire précisément à la hauteur indiquée par la théorie. Telle fut la célèbre expérience qui fut désignée depuis ce moment sous le nom d'*expérience du vide*.

Aux yeux de Torricelli, elle établissait clairement le phénomène de la pesanteur de l'air. Cependant la démonstration était trop indirecte pour convaincre des esprits trop peu familiarisés encore avec les lois et les conséquences de l'observation. Les physiciens s'occupèrent avec beaucoup de curiosité et d'intérêt de cet espace vide existant entre le sommet du tube et l'extrémité de la colonne de mercure; on désigna cet espace sous le nom de *vide de Torricelli*. Mais l'explication du fait de l'équilibre du mercure par la pesanteur de l'air rencontra des résistances opiniâtres; les esprits les plus éclairés de l'époque éprouvaient la plus vive répugnance à abandonner l'ancienne opinion des écoles touchant le plein universel.

En 1646, le P. Mersenne, religieux de l'ordre des Minimes, le condisciple et l'ami de Descartes, parcourait l'Europe pour rassembler sur les sciences de son époque des renseignements précis qu'il se hâtait de communiquer au reste des savants. Il eut connaissance, à Rome, de l'expérience de Torricelli, et il en apporta la nouvelle en France. M. Petit, intendant des fortifications de Rouen, avait appris du P. Mersenne lui-même les détails de l'expérience de Torricelli; il se hâta d'en informer Blaise Pascal, qui se trouvait alors auprès de son père, intendant des finances de la ville de Rouen.

(1) *Dialogi di Galileo* (*Opere di Galileo Galilei* t. II, p. 489).

M. Petit et Blaise Pascal répétèrent ensemble l'expérience du physicien romain, et c'est ainsi que Pascal fut amené à entreprendre les recherches dont il publia les résultats sous le titre de *Nouvelles expériences touchant le vuide*. La plus célèbre et la plus curieuse de ces expériences est celle dans laquelle Pascal, remplissant de vin rouge un tuyau de verre de quarante-six pieds de longueur, fermé à l'un de ses bouts, le renverse dans un baquet plein d'eau, et voit le liquide coloré se maintenir en équilibre à une hauteur de trente-deux pieds, variant ainsi l'expérience de Torricelli, et rendant en même temps plus manifeste le fait observé par les fontainiers de Florence. Mais, si l'on veut connaître exactement l'état de la physique au milieu du XVIIe siècle, et apprécier sous son vrai jour cette période de l'histoire des sciences, sur laquelle on n'a guère écrit jusqu'à ce moment que pour la dénaturer, il faut savoir comment Pascal lui-même interprétait ce phénomène. Pascal, alors, dans toute la force et dans tout l'éclat de son génie, n'hésite pas à expliquer par le vieil axiome de l'horreur du vide tous les faits que l'expérience lui révèle. Il admet et il croit démontrer que la nature a horreur du vide; il ajoute seulement que cette horreur est limitée, et qu'elle se mesure par le poids d'une colonne d'eau d'environ trente-deux pieds de hauteur (1).

L'agression de Pascal contre les principes de l'école était, comme on le voit, bien timide; cependant elle souleva des tempêtes dans le monde philosophique. Un jésuite, le P. Étienne Noël, crut devoir prendre en main la défense des saines doctrines. Il écrivit à ce sujet une longue lettre que l'on trouve dans le recueil des œuvres de Pascal et dont nous recommandons la lecture aux personnes qui désirent se faire une juste idée de la nature des obstacles que la physique eut à combattre à ses débuts.

Pascal repoussa, par une *Réponse* accablante, les arguments de son antagoniste. Mais le jésuite ne se tint pas pour battu et il répliqua par un traité en forme, sous ce singulier titre : *Le plein du vuide*. Dans la dédicace de ce lourd factum, adressée au prince de Conti, le P. Noël représente la nature comme injustement accusée d'un tort qui ne lui appartient pas; il se constitue son défenseur et porte la parole en son nom : « La nature, dit-il, est aujourd'hui accusée de vuide et j'entreprends de l'en justifier en présence de Votre Altesse : elle en avoit bien été auparavant soupçonnée; mais personne n'avoit encore eu la hardiesse de mettre ses soupçons en fait, et de lui confronter les sens et l'expérience. Je fais voir ici son intégrité, et montre la fausseté des faits dont elle est chargée, et les impostures des témoins qu'on lui oppose. Si elle étoit connue

(1) « La force de cette inclination est limitée et toujours égale à celle avec laquelle l'eau d'une certaine hauteur, qui est environ de trente-un pieds, tend à couler en bas. » (*Œuvres de Blaise Pascal*, 1779, t. IV, p. 67.)

de chacun comme elle l'est de Votre Altesse, à qui elle a découvert tous ses secrets, elle n'auroit été accusée de personne, et on se seroit bien gardé de lui faire un procès sur de fausses dépositions, et sur des expériences mal reconnues et encore plus mal avérées. Elle espère, Monseigneur, que vous lui ferez justice de toutes ces calomnies. » Après cette figure délicate, le P. Noël entre dans son sujet, où nous n'aurons garde de le suivre. Contentons-nous de dire qu'il attribue la suspension du mercure dans le tube de Torricelli à une qualité qu'il prête de son chef au mercure, et qu'il nomme la *légèreté mouvante* (1).

Par suite de ses discussions avec le P. Noël Pascal avait été conduit à réfléchir plus profondément sur la cause de l'ascension et de l'équilibre du mercure dans les tubes fermés. Sur ces entrefaites, il fut informé de l'opinion de Torricelli, qui n'hésitait pas à attribuer ce phénomène à la pression de l'air. Une expérience qu'il désigne sous le nom du *vuide dans le vuide*, et dans laquelle il vit le mercure suspendu dans l'intérieur d'un tube s'élever ou s'abaisser selon qu'il faisait varier la pression de l'air extérieur, donna à ses yeux une force nouvelle aux vues du physicien romain. Enfin un trait de son génie lui révéla le moyen de résoudre ce grand problème. Pascal pensa que pour trancher sans retour la difficulté qui divisait les savants, il suffirait d'observer la hauteur du mercure dans le tube de Torricelli au pied et sur le sommet d'une montagne: si la hauteur de la colonne de mercure était moindre au sommet qu'au bas de la montagne, la pression de l'air serait positivement démontrée, car l'air diminue de masse dans les hautes régions, tandis que l'on ne peut admettre que la nature ait de l'horreur pour le vide au pied d'une montagne et le souffre à son sommet. Le Puy-de-Dôme, élevé de 500 toises, et placé aux portes d'une grande ville, lui parut merveilleusement propre à cet important essai; mais retenu à Paris par une foule d'autres soins, il ne pouvait songer à l'exécuter lui-même; heureusement son beau-frère Périer, conseiller à la cour des aides d'Auvergne, se trouvait alors à Moulins; il avait assisté aux expériences faites à Rouen, et il possédait assez de connaissances scientifiques pour que l'on pût se reposer sur lui du soin de procéder à cette vérification avec toute la précission nécessaire. Le 15 novembre 1647, Pascal écrivit donc à Périer pour réclamer de lui ce service.

Périer reçut à Moulins la lettre de son beau-frère. Ses occupations de conseiller à la cour des aides le retinrent longtemps dans cette ville, il ne put se rendre à Clermont que dans l'hiver de l'année suivante. Mais pendant toute la durée du printemps et de l'été, le sommet du Puy-de-Dôme resta enveloppé de brouillards ou couvert de neiges qui en empêchaient l'accès; il ne se dégagea entièrement que dans les premiers jours de septembre.

Le 20 septembre, à cinq heures du matin, le temps paraissait beau et la cime du Puy-de Dôme se montrait à découvert : Périer résolut d'exécuter ce jour-là l'expérience depuis si longtemps méditée. Il fit avertir aussitôt les personnes qui devaient l'acompagner, et à huit heures du matin tout le monde se trouvait réuni dans le jardin du couvent des Minimes: le P. Bannier, ancien supérieur de l'ordre, le P. Mosnier, chanoine de l'église cathédrale de Clermont, La Ville et Begon conseillers à la cour des aides, et Laporte médecin de Clermont, furent les témoins et les acteurs de cette expédition mémorable.

Périer prit deux tubes de verre, longs de quatre pieds et fermés par un bout ; il les remplit de mercure et fit l'*expérience du vide*, c'est-à-dire les renversa sur un bain de mercure. Il marqua avec la pointe d'un diamant la hauteur occupée dans le tube par la colonne métallique au-dessus du niveau du réservoir ; cette hauteur, plusieurs fois vérifiée, était, dans les deux tubes de vingt-six pouces trois lignes et demie. L'un de ces tubes fut fixé à demeure et laissé en expérience ; le P. Chastin, un des religieux de la maison, fut chargé de le surveiller et d'y observer la hauteur du mercure pendant toute la journée. La compagnie quitta alors le couvent, emportant le second tube, et l'on commença à dix heures à gravir la montagne. On atteignit au milieu de la journée son sommet le plus élevé. Arrivé là, Périer répéta l'*expérience du vide* telle qu'il l'avait exécutée le matin dans le jardin des Minimes, et il s'empressa de mesurer l'élévation du mercure au-dessus du réservoir : le liquide, qui, au pied de la montagne, s'élevait à vingt-six pouces trois lignes et demie, ne s'élevait plus qu'à vingt-trois pouces deux lignes ; il y avait donc trois pouces une ligne et demie de différence entre les deux mesures prises à la base et au sommet du Puy-de-Dôme.

Quand ils furent revenus de la surprise et de la joie que leur faisait éprouver une aussi éclatante confirmation des prévisions de la théorie, les expérimentateurs s'empressèrent de répéter l'observation, en variant les circonstances extérieures. On mesura cinq fois la hauteur du mercure : tantôt à découvert dans un lieu exposé au vent, tantôt à l'abri, sous le toit de la petite chapelle qui se trouve au plus haut de la montagne, une fois par le beau temps, une autre fois pendant la pluie, ou au milieu des brouillards qui venaient de temps en temps visiter ces sommets déserts ; le mercure marquait partout vingt-trois pouces deux lignes.

On se mit alors à redescendre. Arrivé vers le milieu de la montagne, Périer jugea utile de répéter l'observation, afin de reconnaître si la colonne de mercure décroissait proportionnellement avec la hauteur des lieux. L'expérience donna le résultat prévu : le mercure s'élevait à vingt-cinq pouces, mesure supérieure d'un pouce dix lignes à celle qu'on

(1) Voyez, à ce sujet, la réponse de Pascal dans sa *Lettre à M. Lepailleur* (*Œuvres de Pascal*, t. IV, p. 156.)

avait prise sur le haut du Puy-de-Dôme, et inférieure d'un pouce trois lignes à l'observation prise à Clermont-Ferrand. Périer fit deux fois la même épreuve, qui fut répétée une troisième fois par le P. Mosnier : ainsi le niveau du mercure s'abaissait selon les hauteurs.

Les heureux expérimentateurs étaient de retour au couvent avant la fin de la journée. Ils trouvèrent le P. Chastin continuant d'observer son appareil. Le patient religieux leur apprit que la colonne de mercure n'avait pas varié une seule fois depuis le matin. Comme dernière confirmation, Périer remit en expérience l'appareil même qu'il rapportait du Puy-de-Dôme : le mercure s'y élevait comme le matin à la hauteur de vingt-six pouces trois lignes et demie.

Le lendemain, le P. de La Mare, théologal de l'église cathédrale, qui avait assisté la veille à tout ce qui s'était passé dans le couvent des Minimes, proposa à Périer de répéter l'expérience au pied et sur le faîte de la plus haute des tours de l'église Notre-Dame, à Clermont. On trouva une différence de deux lignes entre les deux mesures prises à la base et au sommet de la tour. Enfin, en déterminant comparativement la hauteur du mercure dans le jardin des Minimes, situé dans une des positions les plus basses de la ville, et sur le point le plus élevé de la même tour, on constata une différence de deux lignes et demie.

Périer s'empressa d'informer son beau-frère du grand résultat que l'expérience venait de lui fournir; Pascal en reçut la nouvelle avec une joie facile à comprendre. D'après la relation de Périer, une différence de vingt toises d'élévation dans l'air suffisait pour produire, dans la colonne de mercure, un abaissement de deux lignes. Pascal pensa, d'après cela, qu'il serait facile de répéter l'expérience à Paris. Il l'exécuta en effet sur la tour Saint-Jacques la Boucherie, haute de vingt-cinq toises. Il trouva entre la hauteur du mercure, au bas et au sommet de cette tour, une différence de plus de deux lignes. Dans une maison particulière dont l'escalier avait quatre-vingt-dix marches, il prit la même mesure dans la cave et sur les toits; il put reconnaître ainsi un abaissement de demi-ligne.

Ainsi, les prévisions de Pascal étaient confirmées dans toute leur étendue; la maxime de l'horreur du vide n'était plus qu'une chimère condamnée par l'expérience, et un horizon nouveau s'offrait à l'avenir des sciences physiques. La découverte de la pesanteur de l'air et la mesure de ses variations, à l'aide du tube de Torricelli, devinrent en effet le point de départ et l'origine des grands travaux qui devaient élever la physique sur les bases positives où elle repose aujourd'hui. Le tube de Torricelli, dont Pascal venait de faire un admirable moyen de mesurer la pression atmosphérique, apporta aux observateurs un secours de la plus haute importance, en ce qu'il permit de soumettre au calcul et de ramener à des conditions comparables un grand nombre de phénomènes naturels qu'il importait d'étudier. Pascal ne manqua pas de saisir toute la portée du principe fondamental qu'il venait de mettre en lumière, et le fait de la pression que l'air atmosphérique exerce sur tous les corps qui nous environnent lui permit d'expliquer plusieurs phénomènes physiques dont la cause s'était dérobée jusque-là à toute interprétation. L'ascension de l'eau dans les pompes, le jeu du siphon, et divers autres faits particuliers du même ordre, reçurent de lui l'explication la plus nette et la mieux fondée.

La découverte de la pesanteur de l'air produisit parmi les savants l'impression la plus vive; les partisans de l'opinion du plein universel furent réduits au silence. Cependant il manquait encore quelque chose à la démonstration complète de l'existence du vide et de la pesanteur de l'air. En montrant qu'une colonne de mercure est tenue en équilibre dans un tube vide par le poids de l'atmosphère, on ne prouvait la pesanteur de l'air que d'une manière indirecte, et ce moyen ne pouvait servir d'ailleurs pour peser un volume d'air déterminé. Il fallait, pour achever la démonstration, donner aux physiciens les moyens de peser un vase tantôt plein, tantôt vide d'air. Aussi les savants s'occupèrent-ils dès ce moment avec beaucoup d'ardeur à combiner quelque instrument susceptible de produire le vide dans un espace clos.

C'est à un physicien de Magdebourg, Otto de Guericke, conseiller de l'électeur Frédéric-Guillaume et bourgmestre de la ville de Magdebourg, qu'était réservée la gloire de découvrir l'important appareil que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de *machine pneumatique*.

La machine pneumatique n'a été imaginée et construite par Otto de Guericke qu'après une série de tâtonnements et d'essais à peu près ignorés de nos jours, et qu'il n'est pas cependant sans intérêt de connaître. Pour obtenir un espace entièrement vide d'air, le physicien de Magdebourg essaya d'abord de se servir d'un tonneau rempli d'eau et fermé de toutes parts. Après avoir appliqué à sa partie inférieure le tuyau d'une pompe à incendie, il commença à faire jouer la pompe; mais avant que l'eau fût entièrement évacuée, les cercles de fer qui reliaient les douves du tonneau s'étaient rompus sous l'effort de la pression atmosphérique. Otto de Guericke arma alors le tonneau de cercles beaucoup plus forts, et trois hommes vigoureux furent employés à faire agir la pompe. Mais à mesure que l'eau était expulsée, un léger sifflement se faisait entendre : l'air s'introduisait à travers les pores du bois. Force fut de chercher un nouveau moyen. Otto de Guericke eut alors l'idée d'enfermer un tonneau rempli d'eau et de petite dimension, dans un autre plus grand et également plein d'eau; le tuyau de la pompe aspirante venait s'appliquer à l'orifice du petit tonneau intérieur, en traversant

le tonneau extérieur. On fit alors jouer la pompe. Aucun accident ne vint contrarier l'expérience; mais à la fin de la journée et lorsque l'eau se trouvait évacuée presque tout entière, on entendit un gargouillement qui annonçait le passage de l'air à travers la substance des deux tonneaux. Ce bruit persista trois jours, et lorsque, au bout de ce temps, on retira le tonneau intérieur pour l'examiner, on le trouva à moitié rempli du liquide qui s'était fait jour à travers ses parois.

L'insuffisance des vases de bois pour obtenir un espace vide d'air étant ainsi reconnue, Otto de Guericke eut recours à des vases métalliques. Il fit préparer une sphère de cuivre d'une assez grande capacité, armée d'un robinet à sa partie supérieure et portant à sa partie inférieure un orifice destiné à recevoir le tuyau de la pompe. Il se dispensa pour cette fois de remplir d'eau le vase, espérant que la pompe aspirerait l'air comme elle avait fait l'eau. Dans les premiers moments la pompe jouait avec facilité; mais à mesure que l'air était chassé, il fallait, pour soulever le piston, des efforts de plus en plus considérables, et c'est à peine si deux hommes vigoureux pouvaient suffire à ce travail. L'opération était assez avancée et la plus grande partie de l'air se trouvait chassée du globe métallique, lorsque tout à coup, et au grand effroi des assistants, le vase éclata avec grand bruit et se brisa « comme si on l'eût jeté avec violence du haut d'une tour (1). » Otto de Guericke saisit avec beaucoup de sagacité la cause de cet accident : l'ouvrier avait négligé de donner au vase de cuivre une forme parfaitement sphérique dans toutes ses parties; or la forme sphérique est la seule qui puisse garantir un récipient vide d'air des effets de la pression considérable que le poids de l'air extérieur exerce sur lui dans tous les sens. Un nouvel appareil ayant été construit avec les soins nécessaires, l'expérience reprise eut un succès complet, et l'air fut en totalité expulsé sans autre accident du récipient métallique. Mais l'opacité du métal eût dérobé aux yeux les expériences auxquelles on destinait la machine; Otto remplaça donc la sphère de cuivre par un ballon de verre qui s'ajustait à la pompe aspirante par une garniture de cuivre. En définitive, la machine à laquelle il s'arrêta, et que l'on trouve encore dans les anciens cabinets de physique, présentait la forme suivante : un ballon de verre muni d'une tubulure et d'un robinet de cuivre est vissé sur le tuyau d'une petite pompe aspirante, placée verticalement au-dessous de lui; une manivelle à bras horizontal sert à faire jouer la pompe; tout l'appareil est supporté par un montant formé de trois pieds de fer.

Cette machine était imparfaite à bien des égards; son inconvénient principal tenait à la forme du récipient, qui ne permettait point d'y introduire des corps d'un certain volume. Elle suffit néanmoins à l'ingénieux physicien de Magdebourg pour démontrer une série de vérités qui jetèrent sur les faits physiques les plus utiles lumières. Otto de Guericke démontra matériellement le poids de l'air atmosphérique, en pesant un vase dans lequel le vide avait été fait au moyen de sa machine, et en le pesant de nouveau après la rentrée de l'air. Poursuivant la voie ouverte par Pascal, il expliqua, par le fait de la pression atmosphérique et par l'élasticité de l'air, un grand nombre de faits qui jusque-là avaient paru inexplicables. Il mit hors de doute, par exemple, l'influence de l'air sur la propagation du son, son rôle dans la translation de la lumière, dans les phénomènes de la combustion, de la respiration et de la vie des animaux.

Mais de tous les faits remarquables dont le bourgmestre de Magdebourg enrichissait la physique naissante, aucun n'excita d'étonnement plus vif ni d'admiration plus méritée que la série d'effets mécaniques véritablement extraordinaires auxquels il donna naissance, en mettant adroitement en jeu la pression atmosphérique. L'expérience connue sous le nom des *hémisphères de Magdebourg* attira l'attention de tout le monde savant, autant par l'originalité et la beauté du fait en lui-même, que par l'importance des résultats mécaniques qu'elle laissait entrevoir. Cette expérience est si généralement connue, que c'est à peine s'il est nécessaire de la rappeler. On sait qu'Otto de Guericke, ayant préparé deux demi-sphères de cuivre réunies l'une à l'autre par l'interposition d'un cuir mouillé, opéra le vide dans l'intérieur de cette sphère à l'aide de sa machine pneumatique. L'air une fois chassé de l'intérieur du globe, les deux demi-sphères se trouvaient pressées l'une contre l'autre par tout le poids de la colonne atmosphérique qu'elles supportaient, et cette pression était si considérable, qu'elles résistaient à toutes les forces employées pour les désunir. Le premier appareil de ce genre, construit par Otto de Guericke, avait un diamètre de trois quarts d'aune de Magdebourg. Il fit atteler à deux anneaux fixés à chacun des hémisphères seize chevaux qui, tirant horizontalement en sens contraire, ne purent vaincre la résistance que l'air opposait à leur séparation. Le même appareil, suspendu au plafond d'une chambre, supportait un poids de 2,686 livres. On construisit ensuite une autre sphère d'une aune de diamètre; l'effort de vingt-quatre chevaux ne put rompre l'adhérence de ses deux parties : les hémisphères supportaient, sans se séparer, un poids de 5,400 livres.

Otto de Guericke varia de cent manières cette curieuse démonstration de la pesanteur de l'air et de ses effets mécaniques. En 1654, pendant son séjour à Ratisbonne, où l'appelait son emploi de conseiller de l'électeur de Brandebourg, il exécuta devant le prince

(1) Vel ac si globus ab altissima turre lapsu graviore projectus fuisset. (*Ottonis de Guericke experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*, p. 75.)

d'Auerberg, envoyé de l'empereur, une expérience des plus remarquables sous ce rapport. Il vissa à un cylindre métallique le récipient de verre de sa machine pneumatique, dans lequel on avait fait préalablement le vide. Dans l'intérieur du cylindre jouait un piston auquel était attachée par un anneau une corde s'enroulant sur une poulie : vingt personnes étaient employées à retenir la corde. Tout ainsi disposé, Otto de Guericke ouvrit subitement le robinet du ballon; l'air contenu dans le cylindre se précipita aussitôt dans l'intérieur du ballon vide pour en remplir la capacité, et dès lors la pression atmospherique qui s'exerçait sur la tête du piston, n'étant plus contrebalancée sur sa face inférieure, précipita aussitôt le piston jusqu'au fond du cylindre avec tant de violence que les vingt personnes qui retenaient la corde se trouvèrent soulevées en l'air à plusieurs pieds de hauteur.

Ce n'était pas sans raison que tous les savants de l'Europe suivaient avec un intérêt et une curiosité extraordinaires les expériences qui s'exécutaient en Allemagne sur les étonnants effets de la pression atmosphérique; ce n'est pas sans motifs non plus que nous les avons rappelées avec quelques détails. Par l'effet de la transformation sociale qui, depuis un siècle, était en train de s'accomplir, l'industrie commençait chez tous les peuples à prendre son essor. Cependant l'âme manquait au grand corps qui s'organisait : l'industrie n'avait point de moteur ou n'avait que des moteurs insuffisants. La force des hommes et des chevaux, la puissance des vents, l'action des torrents et des cours d'eau, insuffisantes dans bien des cas sous le rapport de l'intensité motrice, faisaient défaut dans beaucoup de localités, ou ne pouvaient s'appliquer commodément et avec économie aux besoins de l'industrie. Or, quand on se rappelait que, d'après les découvertes de Pascal, chaque centimètre carré (pour employer les mesures de nos jours) de la surface de tous les corps placés sur la terre, supporte par l'effet de la pression atmosphérique, un poids équivalent à 1 kilogramme, et quand on voyait Otto de Guericke apporter le moyen pratique d'anéantir, à un moment donné, la résistance qui s'oppose à la manifestation de cette force, on ne pouvait s'empêcher d'espérer une application prochaine de ce remarquable fait. Presque tous les physiciens de l'époque étaient frappés de la grandeur et de l'avenir de cette idée, et tout annonçait qu'il y avait dans les expériences du bourgmestre de Magdebourg l'origine d'une révolution capitale dans les moyens de l'industrie.

Lorsque, par le progrès des temps, les sciences ont amassé un certain nombre de faits théoriques susceptibles de s'appliquer utilement aux besoins des hommes, il est rare que quelque grand esprit n'apparaisse pas au moment nécessaire pour tirer de ces notions générales les conséquences qu'elles renferment, et pour hâter l'instant où l'humanité doit être mise en possession de ces biens nouveaux. L'homme de génie qui devait féconder pour l'avenir l'ensemble des belles découvertes dont le récit vient de nous occuper ne se fit pas attendre : il était Français, et s'appelait Denis Papin.

Papin naquit à Blois, le 22 août 1647, d'une famille considérée dans le pays, et qui appartenait à la religion réformée. Il était fils d'un médecin et avait pour parent Nicolas Papin, autre médecin connu par quelques ouvrages scientifiques. On ne sait rien sur son enfance ni sur les événements de sa jeunesse; il paraît seulement qu'il avait ressenti de bonne heure un goût très-vif pour les sciences mathématiques. L'éducation publique était alors, dans la ville de Blois, entre les mains des Jésuites, qui, comme on le sait, donnaient à cette époque une assez grande part à l'étude des sciences. Les protestants fréquentaient quelquefois les écoles des Jésuites : Papin dut recevoir chez eux ses premières leçons de mathématiques. Il fit à Paris ses études médicales; cependant ce n'est pas dans cette université qu'il reçut son grade de docteur, car son nom ne figure pas sur la liste des gradués de la Faculté de Paris, publiée en 1752, et qui comprend les noms de tous les docteurs à partir de l'année 1539. Orléans possédait une université; il est donc probable que ce fut dans la capitale de sa province que Denis Papin alla recevoir son grade. Quoi qu'il en soit, on le trouve à l'âge de vingt-quatre ans établi à Paris, pour y exercer sa profession. Mais son inclination naturelle pour les sciences physiques lui rendait sans doute plus aride le pénible sentier de la carrière médicale; il ne tarda pas à tourner exclusivement son esprit vers les travaux de physique expérimentale et de mécanique appliquée. Il avait rencontré quelques protecteurs puissants qui favorisaient son goût pour ce genre de recherches. « J'avois alors, nous dit-il lui-même, l'honneur de vivre à la bibliothèque du roi et d'aider M. Huygens dans un grand nombre de ses expériences. J'avois beaucoup à faire touchant la machine pour appliquer la poudre à canon à lever des poids considérables, et j'en fis l'essai moi-même, quand on la présenta à M. de Colbert (1). » Le célèbre Huygens, l'inventeur des horloges à pendule, habitait alors notre capitale, pendant que son père, Constantin Huygens, gentilhomme hollandais, s'y occupait de diplomatie. Il avait consenti à se fixer en France, sur les instances de Colbert qui, en fondant l'Académie des sciences, l'avait inscrit l'un des premiers sur la liste de ses membres. Pour décider le savant hollandais à résider en France, Colbert lui faisait une forte pension, et lui avait accordé un logement à la bibliothèque royale. Papin prêtait son aide à Huygens pour ses expériences de mécanique, et partageait son logement. Il avait dû cette position avantageuse à la pro-

(1) *Acta eruditorum Lipsiæ*, septemb. 1688.

tection de madame Colbert, femme d'un grand mérite, originaire de Blois, et à laquelle, selon Bernier, « une infinité de gens de ce pays devoient leur fortune (1). »

Papin publia son premier ouvrage à Paris, en 1674, sous ce titre : *Nouvelles expériences du vuide, avec la description des machines qui servent à les faire.* Ce petit écrit, qui n'existe plus de nos jours, contenait la description de certaines modifications de faible importance apportées à la machine du bourgmestre de Magdebourg (2). Les *Nouvelles expériences du vuide* furent accueillies avec faveur. M. Hublin, célèbre émailleur du roi et ami particulier de Papin, présenta l'ouvrage à l'Académie des sciences, et le *Journal des savants* le signala avec éloges.

La carrière s'ouvrait donc pour le jeune physicien sous les plus heureux auspices. Le petit nombre d'hommes instruits qui se trouvaient alors dans la capitale tenaient dans la plus grande estime sa personne et ses talents, et le *Journal des savants*, dispensateur de la considération et de la fortune scientifiques, l'accueillait avec faveur. Cependant, une année après, nous voyons Papin quitter subitement la France pour passer en Angleterre. Quel motif pouvait le porter à abandonner sa patrie? Avait-il encouru la disgrâce de Colbert? Obéissait-il simplement à cette humeur un peu vagabonde qui le fit désigner par un de ses contemporains sous le nom de *philosophe cosmopolite?* On l'ignore. Les historiens et les auteurs de mémoires de la fin du XVIIe siècle, tout entiers au récit des intrigues de cour ou des sanglants épisodes de nos guerres, n'ont pas une ligne à consacrer à ces esprits d'élite qui employaient tous les moments de leur laborieuse existence à préparer à l'humanité des destinées meilleures, et qui souvent ne recevaient en retour que l'oubli ou la misère. Le nom d'Amontons, l'un des physiciens français les plus remarquables du XVIIe siècle, est à peine prononcé dans les écrits de l'époque, et le génie de Mariotte s'éteignit au milieu de l'indifférence de son temps. Papin n'a pas attiré davantage l'attention des historiens. C'est dans ses propres ouvrages, dans un petit nombre de recueils scientifiques, ou dans les lettres éparses de quelques savants dont la correspondance s'est conservée, qu'il faut aller puiser les rares documents qui nous restent sur les événements de sa vie. Tous ces documents sont muets sur la cause de son départ pour Londres; le *Journal des savants* nous apprend seulement que c'est à la fin de l'année 1675 qu'il quitta Paris (3).

Peu de temps après son arrivé en Angleterre, Papin eut l'heureuse inspiration de se présenter à Robert Boyle, l'illustre fondateur de la Société royale de Londres. C'est ce que nous apprend Boyle lui-même : « Il arriva heureusement, dit-il, qu'un certain traité françois, petit de volume, mais très-ingénieux, contenant plusieurs expériences sur la conservation des fruits, et quelques autres points de différentes matières, me fut remis par M. Papin, qui avait joint ses efforts à ceux de l'éminent Christian Huygens pour faire lesdites expériences (1). » Dans la suite de l'entretien qu'il eut avec lui, apprenant « que le docteur Papin n'étoit arrivé de France en Angleterre que depuis peu de temps, dans l'espoir d'y trouver un lieu qui fût convenable à l'exercice de son talent, » Boyle résolut de l'associer à ses travaux.

Aucune position ne pouvait mieux convenir aux goûts et aux désirs de Papin. Issu de l'une des plus grandes familles de l'Irlande, Robert Boyle avait renoncé, pour se vouer tout entier à l'étude des sciences, aux avantages que lui assuraient sa fortune et son rang. Il avait consacré six années de sa jeunesse à voyager sur le continent, pour perfectionner ses connaissances et pour fuir le spectacle des troubles civils qui déchiraient sa patrie. A son retour en Angleterre, la lutte durait encore entre le parlement et la royauté; Boyle se retira dans sa terre de Stuldbrige pour se livrer tout entier aux recherches scientifiques, et c'est là qu'au sein de la retraite et de la paix, loin du tumulte des villes et de l'agitation des partis, il poursuivait les beaux travaux qui devaient le placer à un rang si élevé dans la reconnaissance et l'admiration de son pays. Il réunissait autour de lui un certain nombre d'hommes distingués, qui cherchaient dans la culture des sciences et des arts un asile contre les dissensions du dehors. Cette réunion, qui portait le nom de *Collége philosophique*, se rassemblait sous sa direction, tantôt à Oxford, tantôt à Londres. Lorsqu'en 1660, Charles II monta sur le trône d'Angleterre, il fonda, des débris de cette réunion nomade, la *Société royale de Londres*, que Boyle fut chargé d'organiser. L'illustre savant refusa de présider cette société, il rejeta même les honneurs de la pairie pour reprendre le cours de ses recherches scientifiques.

Boyle s'était occupé avec succès de continuer les recherches d'Otto de Guericke sur le vide et sur la pression atmosphérique; il avait publié ses expériences, abandonnant à d'autres le soin de les poursuivre. Lorsque Papin arriva en Angleterre, il pensait à les reprendre, mais il ne trouvait personne pour le seconder. L'habileté de Papin et ses études spéciales sur la machine pneumatique lui rendaient son secours utile de toute manière; il l'admit donc dans son laboratoire. Commencées le 11 juillet 1676, les expériences qu'ils exécutèrent ensemble fu-

(1) *Histoire de Blois*, 1682. Epître-dédicace.

(2) Les modifications apportées par Denis Papin à la machine pneumatique d'Otto de Guericke se trouvent reproduites dans un article de lui, imprimé dans les *Actes de Leipsik*, au mois de juin 1687, sous ce titre : *Augmenta quædam et experimenta nova circa antliam pneumaticam, facta partim in Anglia, partim in Italia.*

(3) *Journal des savants* du 17 février 1676.

(1) Roberti Boyle *Opera varia.* Genève, 1682. Tome II.

rent continuées jusqu'au 17 février 1679. Parmi ces expériences, il faut citer leurs recherches relatives à la vapeur de l'eau bouillante, qui plus tard devaient porter leurs fruits entre les mains du savant français. Boyle reconnaît, avec beaucoup de loyauté, que les services de Papin lui furent d'une grande utilité, et qu'il était d'une habileté rare dans la construction et le maniement des appareils de physique; « plusieurs des machines dont nous faisions usage, dit-il, particulièrement la machine pneumatique à deux corps de pompe et le fusil à vent, étoient de son invention, et en partie fabriqués de sa main. »

L'amitié de Robert Boyle et le mérite de ses travaux ouvrirent à Papin les portes de la Société royale de Londres. Il y fut admis le 16 décembre 1680, et ne tarda pas à se placer à un rang distingué parmi les membres de cette compagnie célèbre. C'est peu de temps après, en 1681, qu'il fit connaître pour la première fois, dans un ouvrage écrit en anglais, sous le titre de *New digester*, l'appareil qui a reçu en France le nom de *Digesteur* ou de *Marmite de Papin* (1). Le digesteur, selon Papin, permettait de cuire les viandes en très-peu de temps et à très-peu de frais, tout en améliorant leur goût. Il donnait en même temps le moyen de ramollir les os, c'est-à-dire de les transformer en une substance qui a reçu de nos jours le nom de *gélatine*, ce qui ajoutait à la quantité de matière nutritive contenue dans les diverses parties du corps des animaux. Cet appareil, qui a été renouvelé de nos jours sous le nom d'*autoclave*, est loin cependant d'avoir réalisé les promesses de l'inventeur; les viandes cuites par ce procédé contractent une saveur ammoniacale. Aussi, quoique Leibnitz ait dit dans une de ses lettres : « Un de mes amis me mande avoir mangé un pâté de pigeonneaux préparé de la sorte par le digesteur, et qui s'est trouvé excellent (2), » il est permis de contester la valeur de ce procédé de cuisine économique.

La marmite de Papin était munie d'un appareil connu de nos jours sous le nom de *soupape de sûreté*, et qui constitue l'un des organes les plus importants des machines à vapeur modernes. Tout le monde s'accorde à ajouter la plus haute importance à la découverte de cet appareil, que l'on regarde comme le prélude des travaux de Papin sur la vapeur. Au risque de paraître soutenir un paradoxe, nous oserons nous séparer encore sur ce point de l'opinion commune. Comme nous nous sommes proposé d'appuyer sur des textes authentiques les principaux faits exposés dans ce récit, nous citerons le passage original du livre de Papin sur le digesteur. On verra que la soupape de sûreté a une origine beaucoup plus humble qu'on ne le croit.

Papin commence par donner la description de son digesteur. L'appareil se compose de deux cylindres creux rentrant l'un dans l'autre : le premier, à parois métalliques très-épaisses, renferme l'eau que l'on doit convertir en vapeur; le second, plus petit, sert à contenir les viandes. Tout l'appareil est fermé par un épais couvercle métallique s'adaptant parfaitement aux contours du cylindre, auquel il est fixé par des écrous très-solides : quand on veut s'en servir, on le place sur un fourneau allumé. La marmite de Papin n'est donc qu'une sorte de bain-marie, dans lequel seulement la vapeur renfermée dans un espace clos, ne peut se dégager au dehors. Après avoir donné la description de sa marmite, Papin ajoute :

« Cette machine est sans doute fort simple et peu sujette à se gâter, mais elle est incommode en ce qu'on ne regarde pas dedans aussi aisément que dans le pot ordinaire, et, comme elle fait plus ou moins d'effet, selon que l'eau qui y est se trouvé plus ou moins pressée, et aussi que la chaleur est plus ou moins grande, il pourroit arriver quelquefois que vous tireriez vos viandes avant qu'elles fussent cuites, et d'autres fois que vous les laisseriez brûler ; ainsi il a fallu chercher des moyens pour connoître et la quantité de pression qui est dans la machine, et le dégré de chaleur.

« Il n'y a qu'à faire un petit tuyau ouvert des deux bouts, et, l'ayant soudé sur un trou fait au couvercle, il faut appliquer sur l'ouverture d'en haut de ce tuyau une petite soupape bien exacte et garnie de papier. »

Pour connaître le dégré de la pression de la vapeur, Papin fermait cette soupape au moyen d'une petite verge de fer qui, fixée par une de ses extrémités à une charnière, portait à l'autre bout un poids mobile, à la manière des romaines. Il avait déterminé la pression nécessaire pour soulever ce poids

« De sorte, ajoute-t-il, que lorsque la soupape laisse échapper quelque chose, je conclus que la pression dans le bain-marie est environ huit fois plus forte que la pression de l'air, puisqu'elle peut soulever, non-seulement le poids qui résiste à six pressions, mais aussi la verge que j'ai éprouvée, qui résiste à deux, et ainsi, en augmentant ou diminuant le poids, ou en le changeant de place, je connois toujours à peu près combien la pression est forte dans la machine (1). »

Ainsi Papin n'avait imaginé son levier et sa soupape que *pour savoir ce qui se passait dans le pot*, et pour veiller à l'exacte cuisson des viandes. En faisant varier la position occupée par le poids sur le bras de la romaine, il reconnaissait approximativement le degré de pression auquel se trou-

(1) La traduction française du *New digester* fut publiée à Paris, en 1682, par Comiers, sous ce titre : *La manière d'amollir les os et de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de temps et à peu de frais, avec une description de la machine dont il se faut servir pour cet effet, ses propriétés et ses usages confirmés par plusieurs expériences, nouvellement inventée par M. Papin, docteur en médecine.*

(2) *Opera*, in-4°, 1768, t. I, p. 165.

(1) *La manière d'amollir les os*, p. 10.

vaient soumises, les viandes placées dans le bain-marie. A cette époque en effet, il était encore loin de songer à construire une machine fondée sur la force élastique de la vapeur d'eau; et bien plus, lorsqu'il proposa cette machine, il ne pensa nullement à la munir de sa soupape. L'idée d'appliquer cet instrument à prévenir l'explosion de la chaudière d'une machine à vapeur ne lui vint que vingt-cinq ans plus tard, en 1705, c'est-à-dire quinze années après la publication du célèbre mémoire de 1690, dans lequel il donne la description de la première des machines de ce genre. C'est le physicien Desaguliers qui transporta le premier dans la pratique cette idée de Papin; en 1717, il appliqua, en Angleterre, à une machine de Savery, la soupape du digesteur de Papin, que ce dernier avait proposée comme un moyen de se mettre à l'abri des explosions auxquelles cette machine donnait lieu. La construction du digesteur n'exerça donc aucune influence sur la découverte de la machine à feu; si elle y contribua en quelque chose, ce ne fut guère qu'en familiarisant l'inventeur avec l'usage pratique de la vapeur d'eau.

Depuis la publication de son *New digester*, Papin se trouvait à Londres dans une position plus avantageuse peut-être que celle qu'il avait occupée à Paris. Il appartenait à la Société royale, la première des académies de l'Europe; en outre, la protection de Robert Boyle lui permettait d'espérer beaucoup, car ce savant illustre, successivement honoré de l'estime de Charles II, de Jacques II et de Guillaume, savait user en faveur de ses amis d'un crédit qu'il dédaignait pour lui-même. D'un autre côté, il continuait à entretenir avec son pays de bonnes relations; on insérait régulièrement dans le *Journal des savants* les communications qu'il adressait. Aussi ne peut-on se défendre d'un certain sentiment de dépit contre son humeur vagabonde, lorsqu'on le voit déserter tout d'un coup le sol hospitalier qui l'a reçu, et, de même qu'il avait abandonné la France pour l'Angleterre, abandonner l'Angleterre pour l'Italie. Le chevalier Sarroti, secrétaire du sénat de Venise, venait de fonder dans cette ville, par l'ordre du sénat, une nouvelle académie, en vue du perfectionnement des sciences et des lettres, « avec une dépense et générosité tout à fait extraordinaires, » dit Papin (1). Sarroti offrit au physicien français une position dans cette société, et Papin accepta un peu à l'étourdie. Il résulte d'une lettre de lui, datée d'Anvers le 1[er] mars 1681, et adressée au docteur Croune, que depuis peu de jours il avait quitté l'Angleterre. Dans cette lettre, il priait son ami de remettre sa machine à la Société, à laquelle il offrait en même temps ses services, en quelque lieu qu'il se trouvât. La Société royale, qui le vit partir avec regret, tint note de la promesse et inscrivit son nom sur la liste de ses membres honoraires

(1) *Journal des savants*, 1681, p. 82

Papin séjourna plus de deux ans à Venise, occupé presque sans relâche à des expériences de physique. Ses travaux lui acquirent chez les Italiens une grande réputation. La mention seule de son opposition aux idées du respectable Guglielmini, sur une question d'hydraulique, « faisoit peur à ce savant, » et plusieurs années après sa mort, un physicien florentin parle de « la célèbre machine, *le digesteur*, inventée par Papin, pour expliquer la cause des volcans et des tremblements de terre, débattue depuis des milliers d'années par les Babyloniens, les Grecs, les Romains, et tous les philosophes anciens et modernes. » Cependant il finit par s'apercevoir qu'il fallait beaucoup rabattre de la « générosité tout à fait extraordinaire » du chevalier Sarroti. En même temps que sa renommée grandissait, il voyait chaque jour s'amoindrir ses ressources, et il vint un moment où, désespérant de trouver en Italie la position avantageuse sur laquelle il avait compté, il dut prendre le parti de laisser à leurs travaux le chevalier Sarroti et ses académiciens.

En quittant Venise, Papin revint directement en Angleterre : il espérait y ramasser les lambeaux de son crédit et de sa fortune. Mais ses longues pérégrinations avaient refroidi le zèle de ses amis, et tout ce qu'il put obtenir, ce fut d'entrer, en qualité de pensionnaire, à la Société royale. Il fut chargé d'exécuter les expériences ordonnées par l'Académie, et de copier sa correspondance; il recevait pour toute rétribution la somme de 62 francs par mois.

C'est pendant ce second séjour en Angleterre qu'il conçut et exécuta la première machine qui devait le mettre sur la trace de sa découverte des applications de la vapeur.

Nous avons insisté sur l'importance que l'on attachait, à la fin du XVII[e] siècle, à l'emploi mécanique de la pression de l'air; on y voyait le moyen de doter l'industrie du moteur qu'elle cherchait. Depuis les recherches qu'il avait effectuées avec Boyle sur la machine pneumatique, Papin nourrissait plus particulièrement cette grande pensée. Il crut avoir découvert le moyen de la réaliser en employant, comme moteur direct, la machine pneumatique exécutée en grand. Tel était son dessein lorsqu'il présenta en 1687, à la Société royale, le modèle d'une machine destinée *à transporter au loin la force des rivières*. Cette machine se composait de deux vastes corps de pompe, dont les pistons étaient mis en jeu par une chute d'eau, et qui servaient à faire le vide dans l'intérieur d'un long tuyau métallique. Une corde attachée à l'extrémité de la tige du piston devait transmettre une force motrice considérable, lorsque, par l'effet de la pression atmosphérique, le piston, violemment chassé dans l'intérieur du tuyau, entraînerait avec lui les poids qui le retenaient (1). C'était, comme

(1) La description de cette machine a été publiée par Papin dans les *Actes de Leipsick* (*Acta eruditorum Lipsiæ*), décemb. 1688, p. 644, sous ce titre.

on le voit, le principe de nos chemins de fer atmosphériques. Cependant les essais auxquels on soumit cette machine, en 1687, devant la Société royale, ne donnèrent que de mauvais résultats, soit en raison de la difficulté de maintenir le vide dans un long tuyau métallique, soit par suite de la lenteur extrême avec laquelle le mouvement se communiquait du piston aux fardeaux qu'il devait entraîner.

Papin avait fondé beaucoup d'espérances sur le succès de son appareil ; cet échec les détruisait sans retour. De tristes lueurs commençaient à assombrir l'horizon du philosophe. Son séjour en Italie avait absorbé les faibles ressources de son patrimoine, et la rémunération de 62 francs par mois qu'il recevait de la Société royale était par trop insuffisante pour ses besoins. Il reporta alors sa pensée vers la France ; mais les portes de sa patrie lui étaient fermées. La révocation de l'édit de Nantes, portée en 1685, frappait dans leur fortune et dans leurs droits les protestants français. Aux termes de cet arrêt, l'exercice de la médecine, de la chirurgie et de la pharmacie, était interdit aux membres de la religion réformée. Papin aurait pu faire tomber d'un seul mot les barrières qui le séparaient de son pays, entrer à l'Académie des sciences, où sa place était depuis longtemps marquée, et recevoir les traitements flatteurs que l'on prodiguait trois ans après à son cousin Isaac Papin, dont l'exil fit fléchir le courage, et qui abjura en 1690, entre les mains de Bossuet. Il préféra un exil éternel à la honte d'une abjuration. En 1687, le landgrave Charles, électeur de Hesse, lui offrit une chaire de mathématiques à Marbourg. Malgré les préoccupations de la politique et de la guerre, ce prince éclairé s'était toujours plu à suivre et à encourager ses travaux. Papin s'empressa d'accepter l'offre de l'électeur. Il écrivit au secrétaire de la Société royale pour l'informer de la résolution qu'il avait prise et le prier de lui faire compter l'arriéré de son traitement. Le trésorier reçut l'ordre de faire droit à cette demande ; la Société décida en même temps, dans sa séance du 14 décembre 1687, que le docteur Papin recevrait en présent quatre exemplaires de l'*Histoire des poissons*, comme un témoignage des bons services qu'elle avait reçus de lui. Papin emporta ses quatre exemplaires de l'*Histoire des poissons ;* mais c'était la perle de la fable : il est à croire que le *grain de mil* eût mieux convenu à l'état de ses affaires.

Arrivé à Marbourg, Papin commença ses leçons publiques de mathématiques. Ce nouveau métier, auquel il était peu fait, ne fut pas sans lui causer quelques ennuis et quelques difficultés au début. Néanmoins, il reprit bientôt la suite de ses travaux accoutumés.

De usu tuborum prægrandium ad propagandam in longinquum vim motricem fluviorum. Elle a été reproduite dans un autre ouvrage de Papin : *Recueil de diverses pièces*, imprimé à Cassel, en 1695.

L'emploi du vide et de la pression atmosphérique, utilisés directement comme force motrice, avait mal réussi dans son appareil à double pompe pneumatique. Il espéra mieux remplir le grand dessein qu'il se proposait en construisant une autre machine, également fondée sur l'emploi de la pression de l'air, mais dans laquelle le vide, au lieu d'être déterminé par le jeu d'une pompe pneumatique, serait obtenu en faisant détoner de la poudre à canon sous le piston de cette pompe. La poudre, brûlée dans un cylindre fermé par une soupape et parcouru par un piston, dilatait l'air, par l'effet de la chaleur dégagée pendant la combustion ; cet air, s'échappant par la soupape, provoquait un vide dans le cylindre, et dès lors la pression atmosphérique, pesant sur la tête du piston, chassait celui-ci dans l'intérieur du corps de pompe. C'était, comme on le voit, le principe de la machine précédente ; seulement le vide était produit par un artifice d'une autre nature.

La machine à poudre que Papin fit connaître en 1688 (1) n'était pas, à proprement parler, une invention de ce physicien. La première idée en avait été émise par l'abbé de Hautefeuille, dans un mémoire imprimé à Paris en 1678 (2). A cette époque, le projet d'appliquer la pression atmosphérique à la création d'un nouveau moteur occupait tous les savants. L'abbé de Hautefeuille avait parlé le premier d'obtenir une force motrice empruntée à la pression atmosphérique, en faisant le vide dans un tuyau par suite de la combustion de la poudre. Le principe de cette machine avait été conçu par l'abbé de Hautefeuille à l'époque où Louis XIV voulait élever les eaux de la Seine pour les consacrer à l'embellissement des jardins de Versailles ; les difficultés extraordinaires et l'importance de ce projet tenaient alors en haleine l'esprit de tous les mécaniciens français. « Un si grand nombre d'inventions qui ont été proposées pour élever des eaux à Versailles m'engagea, dit Jean de Hautefeuille, à méditer sur les moyens de le faire avec facilité..... Repassant ainsi dans mon imagination toutes les forces qui pouvaient être dans la nature, il s'en présenta une qui est infiniment plus grande que celle du vent, du courant des rivières et des torrents, et la plus violente qui ait jamais été : cette force est la poudre à canon que l'on n'a point encore employée à l'élévation des eaux (3). »

Le principe était bon en lui-même, mais la machine proposée par l'abbé pour le mettre à exécution était des plus grossières. Elle se composait simplement d'une grande caisse disposée trente pieds au-dessus de la masse d'eau qu'il s'agissait d'élever ; cette

(1) *De novo pulveris pyrii usu* (*Acta eruditorum Lipsiæ*, septemb. 1688, p. 497.)

(2) *Pendule perpétuelle avec un nouveau balancier et la manière d'élever l'eau par le moyen de la poudre à canon, et autres nouvelles inventions contenues dans une lettre adressée par M. de Hautefeuille à un de ses amis*, 1678, p. 16.

(3) *Pendule perpétuelle*, etc., p. 9.

caisse était munie de quatre soupapes s'ouvrant de dedans en dehors, et se terminait par un tube plongeant dans l'eau. Quand on enflammait dans cette caisse une certaine quantité de poudre à canon, on dilatait l'air, qui, s'échappant par les soupapes, provoquait dans l'intérieur de cet espace un vide partiel; par suite de ce vide, l'eau, pressée par l'atmosphère extérieure, s'élançait dans l'intérieur du tube.

L'abbé de Hautefeuille, doué d'un certain esprit d'invention et de recherches, avait des habitudes scientifiques assez fâcheuses. Il abordait tous les sujets sans en approfondir un seul; il émettait en termes laconiques beaucoup d'idées vagues et mal formulées, et, lorsque plus tard d'autres savants venaient à traiter sérieusement les questions qu'il n'avait fait qu'effleurer, il fatiguait le public du bruit de ses réclamations. C'est ainsi qu'il écrivait en 1682 : « Il y a trois ou quatre ans que je proposai une force qui me semblait devoir être de quelque utilité : c'est la poudre à canon, qui produit l'effet de la pompe aspirante par la raréfaction de l'air et celui de la pompe foulante par son effort. J'ai appris depuis ce temps-là que l'on avait fait une expérience à l'Académie royale des sciences qui en approchait, et que l'on avait essayé ce principe pour l'élévation des corps solides... On m'a assuré qu'un gros de poudre à canon avait enlevé en l'air sept ou huit laquais qui retenaient le bout de la corde, et qu'ayant attaché des poids à son extrémité, ce gros de poudre avait enlevé 1,000 ou 1,200 livres pesant. »

Papin connaissait depuis longtemps cette machine, car il avait secondé Huygens dans sa construction pendant qu'il logeait avec lui à la Bibliothèque du roi. Mais il avait reconnu dans ses dispositions divers inconvénients, et il voulait seulement, dans la construction nouvelle qu'il proposait, en perfectionner le mécanisme. Les changements qu'il apportait à l'appareil de Huygens ont trop peu d'importance pour les signaler ici.

Cependant il était facile de reconnaître que les effets mécaniques provoqués par ce moyen ne pouvaient présenter qu'une puissance médiocre, parce qu'il était impossible, par la détonation de la poudre, de chasser entièrement l'air contenu dans le cylindre. En outre, comme le démontra le physicien anglais Hooke, l'air, en raison de sa compressibilité, pouvait rester en partie dans le tube; par suite de cette circonstance, si le tube présentait une certaine longueur, le mouvement du piston devenait presque insensible. C'est en vain que Papin essaya, pour parer à cet inconvénient capital, de faire également le vide dans le tube; l'expérience démontra qu'il restait toujours dans l'appareil assez d'air pour annuler la plus grande partie des effets de la pression atmosphérique.

C'est alors que Papin, réfléchissant sur les agents qu'il serait permis d'employer pour remplacer la poudre à canon comme moyen de faire le vide dans un corps de pompe, eut l'idée hardie et profondément nouvelle d'employer la vapeur d'eau à cet usage. Dans l'histoire de la machine à vapeur, Papin ne peut revendiquer autre chose que l'idée d'employer la vapeur d'eau comme moyen de faire le vide; mais cette pensée, véritable inspiration du génie, suffit à l'immortaliser; elle honorera à jamais son nom, son siècle et sa patrie (1).

Le mémoire dans lequel Papin propose pour la première fois l'emploi d'une machine ayant pour principe moteur la force élastique de la vapeur d'eau fut publié en latin dans les *Actes de Leipsick*, au mois d'août 1690, sous ce titre : ***Nova methodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparandas*** : (***Nouvelle méthode pour obtenir à bas prix des forces motrices considérables***). Papin commence par rappeler les essais infructueux qu'il a faits antérieurement pour perfectionner la machine à poudre.

« Jusqu'à ce moment, dit-il, toutes ces tentatives ont été inutiles, et après l'extinction de la poudre enflammée, il est toujours resté dans le cylindre environ la cinquième partie de l'air. J'ai donc essayé de parvenir, par une autre route, au même résultat; et comme, par une propriété qui est naturelle à l'eau, une petite quantité de ce liquide, réduite en vapeurs par l'action de la chaleur, acquiert une force élastique semblable à celle de l'air et revient ensuite à l'état liquide par le refroidissement, sans conserver la moindre apparence de sa force élastique, j'ai cru qu'il serait facile de construire des machines où l'air, par le moyen d'une chaleur modérée, et sans frais considérables, produirait le vide parfait que l'on ne pouvait pas obtenir à l'aide de la poudre à canon. »

Papin propose, en conséquence, un appareil composé d'un cylindre, ouvert par le haut et contenant un peu d'eau à sa partie inférieure. Ce cylindre est parcouru par un piston mobile. Un orifice traverse ce piston et a pour effet de permettre de l'abaisser

(1) Bien qu'il soit difficile de remonter par la pensée la pente d'idées qui amènent un homme de génie à la réalisation d'une grande découverte, il ne nous semble pas impossible de déterminer comment Papin fut conduit à reconnaître ce fait fondamental, que la condensation de la vapeur d'eau donne le moyen d'opérer le vide dans un espace fermé. Si nous ne nous trompons, il puisa cette idée dans une expérience faite en 1660 par Robert Boyle. Le physicien irlandais avait reconnu qu'en plongeant dans l'eau froide un éolipyle ou un tube de verre rempli de vapeurs, l'eau s'y élevait aussitôt et remplissait l'éolipyle comme par succion. Boyle, qui conservait encore les anciennes idées sur la transformation de l'eau en air par la chaleur, et qui parle ailleurs des moyens d'engendrer l'air artificiellement, ne put se rendre un compte exact de ce phénomène. Mais trente ans après, Papin, plus familiarisé avec l'usage et les propriétés de la vapeur, en reconnut la véritable nature et y trouva le moyen de faire le vide à volonté dans un espace clos. (*Voyez* le passage original dans l'ouvrage de Boyle : *New experiments physico-mechanica, touching the spring of the air and its effects*, p. 31-36 Oxford, 1660.)

jusqu'à ce que sa face inférieure touche l'eau, en donnant issue à l'air qui existe au-dessous de lui. Quand on a ainsi chassé l'air du cylindre, on bouche cet orifice avec une tige ; on échauffe ensuite le bas du cylindre à l'aide d'un brasier. L'eau arrive à l'ébullition et la vapeur acquiert assez de puissance pour soulever un piston et le pousser jusqu'au haut de sa course. Cet effet obtenu, on pousse un cliquet qui, s'enfonçant dans une rainure de la tige, arrête et maintient le piston dans cette position. On éloigne alors le brasier, le cylindre se refroidit, la vapeur se condense, le vide se fait par conséquent au-dessous du piston. Si alors on retire le cliquet, le piston, pressé par tout le poids de l'atmosphère extérieure, se précipite aussitôt au fond du cylindre et peut ainsi servir à élever des poids que l'on aurait attachés à l'extrémité d'une corde fixée à la tige du piston et s'enroulant sur deux poulies.

Papin présentait ce petit appareil comme susceptible de recevoir dans l'industrie une application immédiate. En cela, il tombait dans l'erreur commune des inventeurs, qui n'hésitent pas à considérer la première suggestion de leur esprit comme le dernier mot de la science et de l'art. On ne peut en effet voir, dans la machine du physicien de Blois, qu'un moyen de démontrer par l'expérience le principe de la force élastique de la vapeur et du parti que l'on peut en tirer comme force motrice. Quant à l'appliquer telle qu'elle était conçue aux usages de l'industrie, il était impossible d'y songer sérieusement. Cette disposition grossière qui consistait à placer une légère couche d'eau dans le cylindre lui-même et à produire la vapeur à l'aide d'un brasier placé par-dessous, de telle sorte que l'appareil n'était alimenté que par cette petite quantité d'eau qui ne se renouvelait jamais; le moyen, plus vicieux encore, qui faisait dépendre la chute du piston du refroidissement spontané de la vapeur, par suite de l'éloignement du brasier; ces tubes de métal mince, que l'action du feu aurait rapidement détruits et incapables de résister efficacement à la pression intérieure exercée sur leurs parois; l'absence d'un moyen propre à prévenir les explosions : tout nous montre que cet appareil ne présentait aucune des conditions que l'on voit communément réalisées dans la plus imparfaite des machines industrielles.

Cette erreur devait durement peser sur la destinée de Papin. Les défauts de sa machine étaient d'une évidence à frapper tous les yeux; aussi fut-elle accueillie avec une désapprobation marquée et placée d'un accord unanime au rang des appareils imparfaits qu'il avait antérieurement fait connaître. Sa grande conception concernant l'emploi de la vapeur fut enveloppée dans la même défaveur qui avait accueilli sa machine à double pompe pneumatique et sa machine à poudre. Aucun recueil scientifique ne reproduisit le mémoire publié dans les *Actes de Leipsick*; le physicien Hooke se borna à faire ressortir, dans quelques notes lues à la Société royale de Londres, les inconvénients de la nouvelle machine motrice proposée par le docteur Papin, et tout fut dit.

L'indifférence que rencontra sa découverte eut pour lui une conséquence funeste. En présence du peu de succès de ses idées, il se prit à douter de lui-même; il crut avoir fait fausse route et abandonna entièrement le projet de sa machine à vapeur. Il y avait cependant bien peu de modifications à apporter à sa construction primitive pour la rendre immédiatement applicable à l'industrie. L'emploi d'une chaudière servant à amener la vapeur dans l'intérieur du cylindre, et le refroidissement de la vapeur provoqué par une aspersion d'eau froide, suffisaient pour en faire le moteur le plus puissant que l'industrie eût possédé jusqu'à cette époque. Par malheur, les critiques qu'il rencontra découragèrent Papin, qui cessa entièrement de s'occuper de ce sujet, et lorsque, quinze ans après, il essaya d'y revenir, il fut conduit à proposer un appareil tout différent du premier, et dans lequel, abandonnant la grande idée dont l'honneur lui revient, il avait recours à des dispositions presque de tout point vicieuses.

Dans un voyage qu'il fit en Angleterre en 1705, Leibnitz eut occasion de voir fonctionner la machine à vapeur de Savery, première application pratique de la puissance motrice de la vapeur d'eau. Il envoya à Papin le dessin de cette machine, afin de connaître son opinion sur la découverte du mécanicien anglais, et celui-ci montra la lettre et le dessin à l'électeur de Hesse. C'est à l'instigation de ce prince que Papin reprit l'examen de ce sujet abandonné depuis quinze ans. Le résultat de son travail fut la publication d'un petit livre imprimé à Francfort en 1707, sous le titre de *Nouvelle manière pour élever l'eau par la force du feu.* La nouvelle machine à vapeur que Papin décrit dans ce mémoire n'est autre chose, bien qu'il essaie de s'en défendre, qu'une imitation de la machine de Savery, inférieure sous tous les rapports à celle de son rival. Il propose d'employer la force élastique de la vapeur à élever de l'eau dans l'intérieur d'un tube ; cette eau est ainsi amenée dans un réservoir, d'où on la fait tomber sur les augets d'une roue hydraulique à laquelle elle imprime un mouvement de rotation.

Ainsi Papin abandonnait son idée capitale d'employer la vapeur comme moyen d'opérer le vide dans un cylindre, pour adopter le procédé bien moins avantageux qui consiste à se servir de la pression de la vapeur pour élever une colonne d'eau. Il ne faisait en cela que copier, avec quelques modifications, la machine de Savery. C'est que cette machine, déjà en usage en Angleterre, avait obtenu un succès notable ; Papin, égaré par l'apparence des résultats utiles qu'elle avait fournis, perdait ainsi de vue la grande conception qui perpétuera le souvenir de son génie.

On avait pensé jusqu'ici que les idées de Papin sur cette seconde machine à vapeur

n'étaient jamais sorties du domaine de la théorie. Une correspondance de Papin avec Leibnitz, retrouvée récemment par M. Kuhlmann, professeur à l'université de Hanovre, et communiquée à l'Académie des sciences de Paris, vient de jeter un jour tout nouveau sur cette question. Il résulte de ces lettres, qu'après avoir fait construire le modèle de la machine précédente, Papin l'avait fait exécuter en grand pour l'appliquer à un bateau qui fut essayé sur la Fulda. Des dissentiments ayant éclaté sur ces entrefaites entre lui et quelques personnages puissants de Marbourg, Papin prit la résolution de quitter l'Allemagne et de faire transporter son bateau en Angleterre, pour y continuer ses expériences : c'est ce que démontre suffisamment la curieuse lettre de Papin à Leibnitz, que nous mettons sous les yeux de nos lecteurs.

« Cassel, ce 7 juillet 1707.

« Monsieur,

« Vous savez qu'il y a longtemps que je me plains d'avoir ici beaucoup d'ennemis trop puissants. Je prenais pourtant patience; mais depuis peu j'ai éprouvé leur animosité de telle manière, qu'il y aurait eu trop de témérité à moi à oser vouloir demeurer plus longtemps exposé à de tels dangers. Je suis persuadé pourtant que j'aurais obtenu justice si j'avais voulu faire un procès ; mais je n'ai déjà fait perdre que trop de temps à S. A. pour mes petites affaires, et il vaut bien mieux céder et quitter la place que d'être trop souvent obligé d'importuner un si grand prince. Je lui ai donc présenté une requête pour le supplier très-humblement de m'accorder la permission de me retirer en Angletere, et S. A. y a consenti avec des circonstances qui font voir qu'elle a encore, comme elle a toujours eu, beaucoup plus de bonté pour moi que je ne mérite.

« Une des raisons que j'ai alléguées dans ma requête, c'est qu'il est important que ma nouvelle construction de bateau soit mise à l'épreuve dans un port de mer, comme Londres, où on pourra lui donner assez de profondeur pour y appliquer la nouvelle invention qui, par le moyen du feu, rendra un ou deux hommes capables de faire plus d'effet que plusieurs centaines de rameurs. En effet, mon dessein est de faire le voyage dans ce même bateau, dont j'ai déjà eu l'honneur de vous parler autrefois, et l'on verra d'abord que, sur ce modèle, il sera facile d'en faire d'autres où la machine à feu s'appliquera fort commodément. Mais il se trouve une difficulté, c'est que ce ne sont point les bateaux de Cassel qui vont à Brême, et quand les marchandises de Cassel sont arrivées à Münden, il faut les décharger pour les transporter dans les bateaux qui descendent à Brême. J'en ai été assuré par un batelier de Münden, qui m'a dit qu'il faut une permission expresse pour faire passer un bateau de la Fulda dans le Weser. Cela m'a fait résoudre, Monsieur, à prendre la liberté d'avoir recours à vous pour cela. Comme ceci est une affaire particulière et sans conséquence pour le negoce, je suis persuadé que vous aurez la bonté de me procurer ce qu'il faut pour faire passer mon bateau à Münden, vu surtout que vous m'avez déjà fait connaître combien vous espérez de la machine à feu pour les voitures par eau. On m'a aussi averti qu'à Hamel, il y a un courant extrêmement rapide, et qu'il s'y perd des bateaux. Cela me ferait souhaiter de savoir à peu près à combien de dégrés ce canal est incliné sur l'horizon. Ainsi, Monsieur, si vous avez eu la curiosité de faire cette observation, je vous supplie d'avoir aussi la bonté de me dire ce qu'il en est. En tout cas, il vaudra toujours mieux prendre trop que pas assez de précautions pour garantir mon bateau de tout accident. Si j'étais assez heureux pour que vos affaires vous appelassent dans l'une ou l'autre des deux villes dans le temps que j'y passerai, je m'y ferais une extrême satisfaction d'y entendre et d'y profiter de vos bons avis en voyant notre bateau, et de vous supplier de bouche de me continuer la même bienveillance dont vous m'honorez depuis si longtemps, et de me permettre toujours de me dire avec respect, Monsieur, votre très-humble et très-obéissant serviteur.

« D. Papin. »

Dès la réception de cette lettre, Leibnitz écrivit au conseiller intime de l'électeur de Hanovre pour obtenir l'autorisation de faire passer le bateau de Papin des eaux de la Fulda dans celles du Weser. Mais cette autorisation se fit attendre ; car, dans une seconde lettre, datée du 1er août 1707, Papin se plaint des retards qu'éprouve sa demande. Pour mettre le temps à profit, il continua les essais de son bateau. La lettre suivante, adressée à Leibnitz, et datée du 15 septembre, montre que les résultats étaient de nature à l'encourager.

« L'expérience de mon bateau a été faite et elle a réussi de la manière que je l'espérais ; la force du courant de la rivière était si peu de chose en comparaison de la force de mes rames, qu'on avait de la peine à reconnaître qu'il allât plus vite en descendant qu'en montant. Monseigneur eut la bonté de me témoigner de la satisfaction d'avoir vu un si bon effet, et je suis persuadé que, si Dieu me fait la grâce d'arriver heureusement à Londres, et d'y faire des vaisseaux de cette construction qui aient assez de profondeur pour appliquer la machine à feu à donner le mouvement aux rames, je suis persuadé, dis-je, que nous pourrons produire des effets qui paraîtront incroyables à ceux qui ne les auront pas vus. »

Mais il n'était pas dans sa destinée de voir ce projet s'accomplir. La lettre que nous venons de citer contient le *post-scriptum* suivant, indice précurseur du mécompte qui l'attendait.

« Je viens de recevoir une lettre de Münden, d'une personne qui a parlé au bailli pour la permission de passer mon bateau dans le Weser. Elle a eu pour réponse que c'est une chose impossible ; que les bateliers

ne le veulent plus, parce qu'ils ont payé une amende de cent écus, et que la permission de Son Altesse Electorale est nécessaire pour cela. Il est vrai que quelques bateliers m'ont dit le contraire, mais d'autres aussi ont dit qu'il fallait une permission de Son Altesse. Je ne puis croire que ceux qui m'ont dit le contraire aient voulu me tromper. Enfin, je me vois en grand danger qu'après tant de peines et de dépenses qui m'ont été causées par ce bateau, il faudra que je l'abandonne, et que le public soit privé des avantages que j'aurais pu, Dieu aidant, lui procurer par ce moyen. Je m'en consolerai pourtant, voyant, qu'il n'y a point de ma faute, car je ne pourrais jamais imaginer qu'un dessein comme celui-là dût échouer faute de permission. »

Il était en effet trop pénible de penser qu'un projet qui avait coûté toute une vie de travaux pût échouer devant un si misérable obstacle. C'est là cependant le triste dénoûment que sa mauvaise étoile réservait aux efforts de Papin.

Ne recevant pas la permission qu'il avait demandée à l'électeur de Hanovre pour entrer dans les eaux du Weser, Papin crut pouvoir passer outre. Le 25 septembre 1707, il s'embarqua à Cassel sur la Fulda, et arriva à Münden le même jour. Münden, ville du Hanovre, est située au confluent de la Fulda et de la Wera, qui se réunissent en ce point pour former le Weser. Papin comptait continuer sa route sur ce fleuve, et arriver ainsi en Brême, près de l'embouchure du Weser dans la mer du Nord, où il se serait embarqué sur un vaisseau qui l'aurait conduit à Londres, en remorquant son petit bateau. Mais les mariniers lui refusèrent l'entrée du Weser, et, comme il insistait, sans doute, et réclamait avec force contre un procédé si rigoureux, ils mirent sa machine en pièces. Quelque étonnant qu'il nous paraisse, ce fait est prouvé par le curieux document que l'on va lire. C'est une lettre adressée à Leibnitz par le bailli de Münden. Le bailli honteux sans doute de la fâcheuse aventure arrivée au protégé du puissant Leibnitz, essaie de s'en excuser et de se prémunir d'avance contre les plaintes du vieillard qu'il a laissé si inhumainement traiter. Cette lettre rapportée par M. Kuhlmann, est écrite en français ; nous la citons textuellement :

« Münden, ce 27 septembre 1707.

« Monsieur,

« Ayant appris par le médecin Papin, qui, venant de Cassel, passa avant-hier par cette ville, que vous vous trouvez présentement en cette cour-là, je me donne l'honneur de vous avertir, Monsieur, que ce pauvre homme de médecin, qui m'a montré votre lettre de recommandation pour Londres, a eu le malheur de perdre sa petite machine d'un vaiseau à roues que vous avez vue. Les bateliers de cette ville-ci ayant eu l'insolence de l'arrêter et de le priver du fruit de ses peines, par lesquels il pensait à s'introduire auprès de la reine d'Angleterre. Comme l'on ne m'avertit de cette violence qu'après que le bonhomme fut parti, et qu'il ne s'était point adressé à nous, mais au magistrat de la ville pour s'en plaindre, quoique cette affaire fût de ma juridiction, vous voyez, Monsieur, qu'il n'était pas en mon pouvoir d'y remédier. C'est pourquoi je prends la liberté de vous informer de ce fait, en cas que si cet homme ne voulût faire des plaintes à Hanovre et à Cassel, vous soyez persuadé de la vérité et de la brutalité de ces gens-ci. Si, en repassant à Hanovre, je puis avoir l'honneur de vous voir, Monsieur, je me donnerai celui de vous assurer moi-même de la passion constante avec laquelle je suis, Monsieur, votre très-humble et très-obéissant serviteur,

« Zeuner. »

Le même fait est confirmé par une lettre. datée 20 octobre 1707, adressée à Leibnitz par un certain Hattenbach, et qui contient ces deux lignes : « Le pauvre Papin a été obligé de laisser son bateau à Münden n'ayant jamais pu obtenir de l'amener. »

On est saisi d'un profond sentiment de compassion quand on se représente l'infortuné vieillard, privé des moyens sur lesquels il avait fondé toutes ses espérances, sans ressource et presque sans asile, et ne sachant plus en quel coin de l'Europe il irait cacher ses derniers jours. Il n'osait revenir sur ses pas et rentrer à Marbourg, dans cette université qu'il avait volontairement abandonnée. L'Angleterre avait été pour lui une autre patrie ; c'est là que la fortune avait souri un moment aux efforts de sa jeunesse. Les encouragements et l'appui qu'il avait rencontrés auprès de l'illustre Robert Boyle, les relations qu'il avait formées avec les membres de la Société royale, vivaient au nombre des plus doux souvenirs de son cœur, il prit la résolution de continuer sa route vers l'Angleterre, il voulut mourir sur le sol hospitalier où avaient fleuri les quelques jours heureux de son existence. Faible et malade il s'achemina tristement vers ce dernier asile de sa vieillesse. Mais dans le long intervalle de son absence, ses amis avaient eu le temps de l'oublier ; Robert Boyle était mort, et le nom de Papin était presque inconnu des nouveaux membres de la compagnie. Pour subvenir à ses besoins, il fut contraint de se remettre à la solde de la Société royale. Le grand inventeur dont notre siècle glorifie la mémoire se trouva dès ce moment, et jusqu'aux derniers jours de sa vie, réduit à un état voisin de la misère. Il fut contraint, faute de ressources suffisantes, de renoncer à poursuivre les expériences de sa seconde machine à vapeur commencées en Allemagne. « Je suis maintenant obligé, dit-il dans une de ses lettres, de mettre mes machines dans le coin de ma pauvre cheminée. » En effet, cette ardeur d'invention et de recherches, qui avait été comme l'aliment de son existence, persistait encore dans l'âme du noble vieillard ; c'était le dernier lien qui le rattachait à la vie. Il était sans cesse occupé à combiner de nouvelles machines, pour l'exécution desquelles il réclamait, trop souvent en vain, les secours de la Société royale. Le secrétaire de la société, M. Sloane, lui

avait demandé compte d'une petite somme qu'il lui avait remise, et Papin lui écrivait pour indiquer l'emploi que cet argent avait reçu

« Puisque vous désirez, très-honoré Monsieur, un compte rendu de ce que j'ai fait pour la Société royale depuis que j'ai reçu quelque argent, afin que vous puissiez mieux juger ce qu'il est convenable de me donner maintenant, j'ai déposé sur ce papier ce que j'estime le plus important. Mais, avant tout, je dois vous prier de vous souvenir que vous devez vous mettre à ma place sans restriction, afin que je sois payé selon ce que j'ai mérité, et ayant déjà dans la tête plus de travail de cette nature que je n'en pourrai faire dans le reste de ma vie, j'ai résolu de négliger tous les autres moyens de pourvoir à ma subsistance, étant persuadé qu'il ne peut y avoir de meilleure occupation que de travailler pour la Société royale, puisque c'est la même chose que de travailler pour le bien public. Je vous en prie, Monsieur, permettez-moi d'ajouter ici que, dans l'Académie royale de Paris, il y a trois pensionnaires pour la mécanique, qui ont chacun un très-bon salaire annuel, et, en outre, qu'il y a d'habiles ouvriers de toutes sortes, payés par le roi, qui sont prêts en tout temps à exécuter tout ce que ces pensionnaires commandent. Prenez, s'il vous plaît, les Mémoires de l'Académie royale des sciences, et voyez ce que ces trois pensionnaires font chaque année, et comparez-le avec ce que j'ai fait depuis sept mois; j'espère que vous trouverez que j'ai raison de dire que j'ai fait autant qu'on peut attendre du plus honnête homme, avec ma petite capacité et ma pénurie d'argent (1). »

Il est triste de voir le pauvre proscrit contraint d'invoquer des secours étrangers pour perfectionner les inventions utiles qui ne cessaient d'occuper les loisirs de ses derniers jours.

« Je propose humblement à la Société royale, écrivait-il le 16 mai 1709, de faire un nouveau fourneau qui épargnera plus de la moitié des combustibles. Je ne puis encore dire précisément combien; mais il est certain que l'économie sera si considérable, qu'elle fera plus que compenser la dépense nécessaire pour l'acquérir... Je désire humblement que la Société royale me donne 250 fr., et après cela il sera facile d'essayer une chose qui peut être utile à la respiration, la végétation, la cuisine, » etc.

On lit encore dans une lettre adressée à M. Sloane.

« Certainement, Monsieur, je suis dans une triste position, puisque, même en faisant bien, je soulève des ennemis contre moi; cependant, malgré tout cela, je ne crains rien, parce que je me confie au Dieu tout-puissant. »

La pauvreté et l'abandon dans lesquels le malheureux philosophe traîna le poids de ses derniers jours devaient lui être d'autant plus douloureux, qu'il était chargé de famille. C'est ce qui semble résulter d'une réponse qu'il adressa au comte de Sintzendorff lorsque ce gentilhomme l'invitait à aller visiter en Bohême une de ses mines, abandonnée à cause de l'envahissement des eaux.

« Je souhaiterais extrêmement, dit-il, de témoigner à Votre Excellence l'ardeur de mon zèle à lui rendre mes très-humbles services, n'était que les pays que nous voyons ruinés dans notre voisinage, et l'incertitude des événements de la guerre, m'avertissent que je ne dois pas abandonner ma famille de si loin, dans un temps comme celui-ci (1). »

C'est par erreur que l'on fixe ordinairement à l'année 1710 l'époque de la mort de Papin. Il vivait encore en 1714. C'est ce qui résulte d'une dernière lettre de Leibnitz, où il est question de lui. Cette lettre est sans date, mais la mention qui s'y trouve faite du récent avénement de Georges I[er] au trône d'Angleterre et de la loi anglaise intitulée l'*Acte de succession*, en fixe l'époque vers l'année 1714.

« Il y avait dans votre cour, écrit Leibnitz, un savant mathématicien et machiniste français nommé Papin, avec lequel j'échangeais des lettres de temps en temps. Mais il alla en Hollande, et peut-être plus loin, l'année passée. Je souhaite d'apprendre s'il est revenu ou s'il a quitté le service, et s'est transporté en Angleterre, comme il en avait le dessein... » « Y a-t-il donc longtemps que M. Papin est de retour chez vous ? J'avais pensé qu'il eût tout à fait quitté, car je le trouvais un peu chancelant ; et encore à présent sa lettre me paraît être de ce caractère, quoiqu'elle soit extrêmement générale. Il a un mérite qui certainement n'est pas ordinaire, vous le trouverez, Monsieur, en le pratiquant ; et ce ne serait peut-être pas mal de le faire, pour voir un peu à quoi il s'occupe, car il ne m'en dit mot. »

C'est là d'ailleurs le seul document qui permette d'éclairer les derniers temps de la vie de Papin. On ne peut préciser l'époque où il acheva de mourir. Il languit sans doute quelques années encore dans l'isolement et la pauvreté, et il est douloureux de penser que le besoin a pu abréger le terme de sa triste existence. Quelques personnes ont voulu expliquer le mystère qui couvre les derniers temps de sa vie, par son secret retour aux bords de la Loire, où il voulut mourir. Ainsi il ne nous est pas même donné de connaître le coin de terre où reposent les cendres de ce grand homme infortuné.

Quand on jette un regard d'ensemble sur les travaux de Papin, on ne peut s'empêcher de reconnaître qu'ils sont marqués au coin du génie. Cependant le mérite de notre compatriote a été contesté, et dans une notice sur la machine à vapeur, le docteur Robison n'a pas craint de dire : « Papin n'était ni physicien ni mécanicien (2). » La physique

(1) *Lettres inédites de Papin*, publiées par M. Bunsen, professeur de physique à Marbourg.

(1) *Recueil de diverses pièces*, etc., p. 49.

(2) *He was nether philosopher nor mecanician.* » (*Philosophical magazine*, 1822, t. II, p. 49.)

du XVIIe siècle se composait d'un trop petit nombre de principes pour qu'il soit permis de refuser à aucun savant de cette époque la connaissance des faits si simples qu'elle embrassait. De plus, quand on a eu la pensée de créer une force motrice par la seule action de l'eau bouillante, on n'est pas seulement mécanicien, on est mécanicien de génie. Il est juste néanmoins de reconnaître que, dans ses travaux, Papin a souvent manqué de suite. Son esprit procédait par sauts et comme par boutades; il découvrait des faits épars d'une haute importance, et ne savait pas trouver le lien propre à les rattacher en faisceau; il établissait de grands principes et se montrait inhabile à en déduire les conséquences, même les plus rapprochées. C'est dans les premiers temps de sa vie scientifique, en s'occupant de l'insignifiant objet de la cuisson des viandes, qu'il invente la soupape de sûreté, et ce n'est qu'à la fin de sa carrière qu'il songe à l'appliquer à une machine dont les dispositions sont presque de tout point défectueuses. Pendant la construction d'un autre appareil imparfait, le moteur à double pompe pneumatique, il invente le robinet à quatre ouvertures, organe dont Léopold et James Watt ont tiré un si grand parti dans les machines à vapeur. Enfin il découvre le principe fondamental de l'emploi de la vapeur pour faire le vide et soulever un piston, et bientôt, détourné par la critique, il perd de vue sa découverte, et meurt sans soupçonner l'importance extraordinaire qu'elle doit acquérir un jour. Il y a là un vice d'esprit que l'on essaierait en vain de dissimuler.

Cependant les circonstances de la vie de Papin expliquent suffisamment ce défaut. Si son existence se fût écoulée calme et honorée dans sa patrie, s'il eût vécu entouré d'aides intelligents, de constructeurs et d'ouvriers, s'il eût goûté quelque temps les loisirs et la liberté d'esprit, qui sont nécessaires à l'exécution des longs travaux scientifiques, il est probable que l'on n'aurait pas à défendre sa mémoire contre de tels reproches; la postérité, qui ne connaît qu'un coin de son génie, aurait alors possédé Papin tout entier. Mais éloigné dès sa jeunesse du ciel de sa patrie, obligé de promener à travers l'Europe le poids de ses ennuis et de sa pauvreté, contraint de frapper de son bâton de voyage à la porte des académies étrangères, le malheureux philosophe pouvait-il nous léguer autre chose que les ébauches de son génie? Si imparfaites qu'elles soient, elles suffisent à faire comprendre ce que l'on pouvait attendre de lui dans des conditions plus favorables.

Pendant qu'il végétait oublié en Allemagne, un simple serrurier du Devonshire, dépourvu de toutes connaissances scientifiques, exécutait sans peine la première machine à vapeur atmosphérique, en se bornant à rapprocher les découvertes éparses du mécanicien français. Papin n'eût-il pu suffire à la tâche accomplie par le serrurier Newcomen? Si donc la machine à vapeur n'est pas une invention exclusivement française, il ne faut l'attribuer qu'aux tristes circonstances qui, pendant quarante ans, fermèrent à Papin l'accès de sa patrie. Il y avait dans toutes les grandes villes de la France, et surtout dans celles des bords de la Loire, une nombreuse populationde huguenots industrieux, qui possédaient des capitaux immenses et concentraient dans leurs mains l'exploitation des principaux arts mécaniques. Ces hommes, qui devaient transporter l'industrie française au delà du Rhin et à l'autre bord de l'Océan, étaient tous ses amis; nul doute qu'ils ne lui eussent offert les ressources nécessaires pour perfectionner sa découverte, et qu'il n'eût trouvé dans le concours de ses compatriotes le moyen de doter son pays de l'honneur entier de cette invention impérissable.

Papin vivait en Allemagne lorsqu'il publia la description de sa machine à vapeur atmosphérique; mais l'Allemagne accordait alors une trop faible place à l'industrie pour offrir un théâtre favorable au développement de ses idées. Ses projets ne pouvaient, à la même époque, trouver en France un accueil plus avantageux. Epuisée d'hommes et d'argent par trente années de guerre, la France voyait chaque jour dépérir son commerce; la révocation de l'édit de Nantes lui avait porté un coup irréparable, en la privant, suivant les termes du mémoire de d'Aguesseau, « dans toutes sortes d'arts, des plus habiles ouvriers, ainsi que des plus riches négociants, qui étaient de la religion réformée. » Mais l'Angleterre se trouvait dans des conditions toutes différentes. Depuis la restauration de la maison des Stuarts, le commerce et l'industrie y recevaient un développement chaque jour plus rapide; à l'ombre de la paix et d'une administration intelligente, cette grande nation commençait à tirer parti des richesses accumulées sous son sol. Les mines de houille, répandues en Angleterre avec une profusion extraordinaire, forment comme on le sait, l'une des sources les plus importantes des revenus du pays; depuis plusieurs années, leur exploitation se poursuivait avec ardeur. Mais, en raison des dispositions géologiques de la plupart des terrains houillers de la Grande-Bretagne, d'immenses courants d'eau viennent à chaque instant alterner avec les couches du minerai. Ces nappes d'eau souterraines apportaient les obstacles les plus graves à l'extraction du combustible, et la profondeur croissante des mines ajoutait de jour en jour à ces inconvénients et à ces dangers. Les moyens souvent insuffisants mis en usage pour l'épuisement des eaux occasionnaient partout des dépenses énormes, et ces difficultés commençaient à éveiller les inquiétudes de la nation tout entière. L'annonce d'un moteur nouveau, puissant et économique, ne pouvait donc être accueillie avec indifférence au milieu d'un peuple qui voyait sa prospérité ou sa ruine suspendues à cette question.

Thomas Savery, ancien ouvrier des mines,

devenu capitaine de marine et très-habile ingénieur, s'occupait depuis longtemps de l'étude des moyens mécaniques applicables au desséchement des houillères, lorsqu'il eut connaissance des travaux de Papin. Mais les idées de ce dernier étaient devenues en Angleterre l'objet de vives critiques; Robert Hooke avait fait ressortir les défauts de sa machine atmosphérique. Les attaques de Robert Hooke étaient parfaitement justifiées par les grossières dispositions de l'appareil de Papin, considéré comme machine motrice : la nécessité d'approcher et de retirer le feu à chaque instant, l'action nuisible que la chaleur aurait exercée sur les parois extérieures du cylindre, la lenteur presque ridicule des mouvements du piston, qui ne pouvait fournir plus d'une oscillation par minute, étaient autant d'obstacles évidents à son application à l'industrie. Mais le critique anglais, égaré par ses objections de détail, méconnaissait la grande pensée de Papin, qui, en imaginant de faire le vide dans un cylindre par la condensation de la vapeur d'eau, dotait la mécanique de l'idée la plus grande et la plus neuve que l'histoire de cette science eût jamais enregistrée. L'argumentation et les reproches de Robert Hooke donnèrent le change à Thomas Savery. Au lieu de se borner à faire subir à la machine de Papin quelques modifications très-simples, qui auraient permis de la transporter immédiatement dans la pratique, il voulut construire une machine à vapeur fondée sur des principes tout différents. Laissant de côté le cylindre et le piston, il fabriqua un modèle de machine dans laquelle la vapeur agissait directement par sa pression pour élever l'eau dans l'intérieur d'un tube et la faire jaillir au dehors : Papin avait proposé un moteur universel, Savery proposait une machine applicable au seul objet de l'élévation des eaux.

C'est en 1698 que le capitaine Savery demanda un brevet lui assurant le privilége de la construction de sa machine à vapeur. Il la fit fonctionner la même année à Hampton-court, en présence du roi Guillaume, qui s'y intéressa vivement, et le 14 juin 1699, on en fit l'essai devant la Société royale. La machine de Savery reçut, à différentes époques, plusieurs perfectionnements de la part de l'inventeur; les dernières modifications qu'il apporta à son appareil, et qui lui permirent de marcher avec régularité, furent consignées dans une brochure qui parut en 1702, sous le titre de l'*Ami du mineur* (*The miner's friend*)

D'après Switzer, cette machine pouvait élever par minute 52 gallons d'eau, c'est-à-dire quatre fois le contenu du récipient à la hauteur de 55 pieds.

La machine de Savery présentait un défaut capital. Le récipient devait satisfaire à deux conditions incompatibles : il fallait que les parois de ce vase fussent à la fois très-épaisses pour supporter à l'intérieur la pression considérable exercée par la vapeur d'eau, et très-minces pour se refroidir rapidement. En outre, elle n'élevait l'eau qu'à la condition de l'échauffer en partie, car la vapeur arrivant à l'intérieur du récipient s'y condensait en grande quantité; de telle manière que, lorsque l'eau montait dans le tube, elle avait déjà acquis une température assez élevée, par suite de la chaleur abandonnée par la vapeur revenue à l'état liquide. Cet appareil reposait donc sur un principe vicieux. Il y aurait cependant une injustice profonde à contester à Thomas Savery l'honneur qui lui revient pour avoir imaginé et construit la première machine à vapeur qui ait fonctionné en Europe. Si la postérité doit une haute reconnaissance au savant qui découvre de grandes vérités théoriques, elle doit le même tribut d'hommages à celui qui, transportant cette idée dans la pratique, lui fait porter ses premiers fruits.

Lorsque Savery eut terminé la construction de sa machine, il se hâta de la présenter aux propriétaires des mines. Mais elle arrivait dans un moment fâcheux. Depuis plusieurs années, les propriétaires des mines de houille étaient assiégés par les faiseurs de projets qui les avaient entraînés, sans résultat, dans toute sorte de dispendieux essais. Les échecs nombreux que l'on avait éprouvés en expérimentant des machines imparfaites ou de prétendus perfectionnements d'anciens mécanismes, devaient naturellement jeter de la défaveur sur les conceptions nouvelles. La machine de Savery porta la peine de toutes les tentatives infructueuses exécutées jusque-là. Elle arrivait à la suite d'une foule de projets qui avaient trompé l'attente générale, et l'on ne prêta aucune attention aux promesses de son inventeur. Savery essaya inutilement de lutter contre ces préventions regrettables; les propriétaires des mines persistèrent à rejeter sa machine, qui ne servit guère que pour élever l'eau dans l'intérieur des palais ou des maisons de plaisance.

Savery n'assignait d'autres limites à la puissance de sa *pompe à feu* que l'impossibilité où l'on était de fabriquer des récipients et des tubes assez forts pour résister à la pression de la vapeur. « Je ferai monter, disait-il, de l'eau à 500 ou 1000 pieds de hauteur, si vous pouvez m'indiquer le moyen d'avoir des vaisseaux d'une matière assez solide pour résister à un poids aussi énorme que celui d'une colonne d'eau de cette hauteur; mais, du moins, ma machine élève aisément un plein tuyau d'eau à 60, 70 et 80 pieds (1). » Comme la plupart des inventeurs, Savery s'exagérait ici la puissance de son appareil; il oubliait le danger de l'explosion. La pensée ne lui était pas venue d'appliquer à sa chaudière la soupape de sûreté que Papin avait imaginée pour son digesteur. Aussi ne pouvait-on élever l'eau avec sécurité au-dessus de 40 pieds, et si l'on dépassait cette limite, on courait le risque de voir la chaudière éclater. Lorsque Savery établit une de ses pompes pour élever

(1) *The miner's friend.*

l'eau dans les bâtiments d'York, il produisait de la vapeur dont la pression atteignait huit ou dix atmosphères, et alors, selon Desaguliers, « la chaleur était si grande, qu'elle fondait la soudure., et sa force telle, qu'elle ouvrait la machine dans différentes jointures. » Aussi les dangers que l'on redoutait, par suite du défaut de résistance des chaudières, furent-ils la considération la plus grave qui s'opposa à l'emploi de la pompe à feu de Savery pour l'épuisement de l'eau dans les mines.

Cependant l'introduction de ces premières machines à vapeur dans certains comtés de l'Angleterre eut pour résultat d'attirer l'attention sur l'emploi mécanique de la vapeur d'eau; en même temps elle familiarisa avec son usage les populations des grands centres manufacturiers et les ouvriers des différentes professions. En ce temps-là vivaient dans la ville de Darmouth deux honnêtes et industrieux artisans, unis dès leur enfance par une étroite amitié : c'étaient le serrurier Thomas Newcomen et le vitrier Jean Cawley. Une machine de Savery vint à être établie dans le voisinage de Darmouth; à leurs jours de loisir, Newcomen et Cawley aimaient à aller ensemble en considérer le mécanisme, et ils devisaient au retour sur les effets de cette machine nouvelle qui les frappait de l'admiration la plus vive. Les deux amis échangeaient entre eux les différentes pensées que cette vue faisait naître dans leur esprit. Newcomen avait quelque instruction, il n'était pas sans lecture. Compatriote de Robert Hooke, il avait coutume de lui écrire pour lui soumettre divers projets relatifs à sa profession. Jean Cawley engagea donc son ami à communiquer au docteur les réflexions que leur avait suggérées l'examen de la pompe à feu de Savery. A la suite de la correspondance qui s'établit entre eux à cette occasion, Robert Hooke fit connaître à Newcomen la machine atmosphérique que Papin avait proposée en 1690. Il ne parut pas impossible aux deux artisans de mettre à exécution le plan du mécanicien français, et la correspondance continua sur ce nouveau sujet entre le docteur et l'intelligent ouvrier. Robert Hooke renouvelait auprès de Newcomen les critiques qu'il avait dirigées, devant la Société royale, contre la machine de Papin; cependant ces objections ne produisaient qu'une impression assez faible sur l'esprit de l'artisan; ses connaissances incomplètes en mécanique l'empêchaient sans doute d'apprécier toute la portée des critiques du savant. On a trouvé, dans les papiers de Robert Hooke, le brouillon d'une lettre dans laquelle il essaie de dissuader Newcomen du projet de construire une machine d'après les idées du physicien français. Cette lettre renfermait ce passage significatif : « Si Papin pouvait faire le vide *subitement* dans son cylindre, votre affaire serait faite. » Robert Hooke faisait allusion par là à l'excessive lenteur que présentaient les mouvements du piston dans la machine de Papin, par suite de l'absence de tout expédient propre à condenser rapidement la vapeur. C'est certainement en réfléchissant sur les moyens de produire plus promptement le vide dans le cylindre de Papin, que Newcomen et Cawley eurent l'idée, parfaitement simple d'ailleurs et d'avance tout indiquée, de condenser la vapeur par des affusions d'eau froide. Quoi qu'il en soit, aidé de son ami le vitrier, Newcomen se mit à construire au coin de sa forge un modèle de machine qu'il destinait à des expériences. Une chaudière servait à diriger un courant de vapeur dans l'intérieur d'un cylindre de cuivre muni d'un piston; quand le piston était parvenu au haut de sa course, on condensait subitement la vapeur en faisant couler de l'eau froide sur la partie extérieure du cylindre; dès lors, le poids de l'atmosphère, ne rencontrant plus de résistance au-dessous du piston, le faisait aussitôt redescendre. Les deux artisans de Darmouth, transportant dans la pratique les idées théoriques de Papin, venaient d'exécuter la première machine à vapeur atmosphérique, c'est-à-dire la machine la plus simple et la plus puissante qui eût été construite jusqu'à cette époque.

Newcomen et Cawley se mirent alors en campagne pour obtenir du roi la délivrance d'un brevet qui leur assurât le privilége de leur machine. Mais le crédit d'un serrurier du Devonshire est chose assez mince, et il s'écoula un temps assez long avant que l'on songeât à examiner la demande des deux artisans. Sur ces entrefaites, le capitaine Savery fut instruit de leurs démarches. Le procédé de condensation de la vapeur par des aspersions d'eau froide était mis en usage dans sa machine, et la propriété de ce moyen spécifié dans son brevet lui était exclusivement acquise, aux termes de la loi anglaise. Savery s'opposa donc à l'autorisation sollicitée par Newcomen. Un procès semblait inévitable pour vider la question soulevée entre les deux parties. Mais Newcomen et Cawley étaient quakers; en vertu des principes de leur secte, ils répugnaient à toute contestation, et surtout à un débat judiciaire. Ils proposèrent donc à Savery de le comprendre dans leur association, et, au lieu de courir les chances d'un procès pénible, de partager avec eux les bénéfices de l'exploitation future. L'offre fut acceptée, et, comme Savery était à la cour sur le meilleur pied, il obtint aisément du roi George la délivrance du brevet. C'est pour cela qu'en 1705 une *patente royale* fut délivrée aux trois associés, Newcomen, Cawley et Savery, pour la construction et l'exploitation d'une machine à vapeur atmosphérique.

En proposant au capitaine Savery de le comprendre dans leur association, Newcomen et Cawley avaient peut-être aussi quelque arrière pensée d'intérêt. Ils étaient tous deux à peu près dépourvus de connaissances théoriques, et comme, leur machine n'avait jamais été construite que sur de petits modèles, le concours d'un ingénieur aussi habile et aussi instruit que Savery ne pouvait

leur être indifférent. Il paraît cependant qu'ils furent trompés dans ce calcul, car peu de temps, après nous voyons les deux artisans livrés à leurs propres ressources.

Vers la fin de l'année 1711, Newcomen et Cawley firent des propositions aux propriétaires de l'une des mines de houille de Griff, dans le comté de Warwick, pour en épuiser les eaux à l'aide de leur machine; cinquante chevaux étaient employés dans cette mine aux travaux de dessèchement, ce qui occasionnait pour ce seul objet une dépense annuelle de plus de 22,000 fr. Cette proposition ne fut point agréée; mais les associés furent plus heureux six mois après, car ils réussirent à passer un marché avec un M. Back de Wolverhampton pour un épuisement analogue. Il ne s'agissait donc plus que de construire la machine. Mais Newcomen et Cawley n'étaient ni assez physiciens pour se laisser guider par la théorie, ni assez mathématiciens pour calculer l'action des diverses pièces et les proportions à donner à chacune d'elles. Ils étaient donc assez embarrassés pour l'exécution de leur marché. Heureusement ils se trouvaient près de Birmingham, à la portée d'un grand nombre d'ouvriers ingénieux et adroits. Grâce à leur concours, ils parvinrent à fabriquer convenablement les cliquets, les pistons et les soupapes dont la construction ne leur était jusque-là que très-imparfaitement connue. La machine, définitivement construite, fut installée à l'entrée de la mine, et commença à fonctionner.

Elle marchait depuis quelques jours à peine, lorsque le hasard donna aux deux associés l'occasion d'y apporter une amélioration capitale, qui en augmenta la puissance dans une proportion inattendue. Un jour, la machine fonctionnant comme à l'ordinaire, on la vit soudain accélérer ses mouvements et les coups de piston se succéder avec une vitesse tout à fait inusitée. Après bien des recherches, on découvrit la cause de cet heureux phénomène. Dans les premiers temps de la fabrication des machines à vapeur, on n'avait pas encore les moyens de construire des pistons et des cylindres assez bien ajustés pour qu'il n'existât aucun intervalle entre les parois intérieures du cylindre et celles du piston. Aussi, pour empêcher la vapeur de s'échapper par les interstices entre le piston et le cylindre, Newcomen avait dû recouvrir la tête du piston d'une légère couche d'eau qui pénétrait dans tous les vides, et les remplissait de manière à prévenir les fuites de vapeur. Or, en examinant le piston, un ouvrier reconnut qu'il se trouvait accidentellement percé d'un trou; c'était en tombant goutte à goutte, par ce trou, dans l'intérieur du cylindre, que l'eau froide, condensant plus rapidement la vapeur, accélérait, comme on l'avait observé, les mouvements du piston. Cette remarque porta ses fruits. La condensation de la vapeur s'opérait jusque-là en dirigeant un courant d'eau froide dans une enveloppe métallique qui entourait extérieurement le cylindre; cette enveloppe fut supprimée, et l'on condensa la vapeur en injectant une pluie d'eau froide dans l'intérieur même du cylindre à l'aide d'un tube se terminant en pomme d'arrosoir. Grâce à ce perfectionnement, la machine put donner huit à dix coups de piston par minute.

Amenée à cet état, la machine de Savery, Newcomen et Cawley, qui fut désignée généralement sous le nom de *machine de Newcomen*, se répandit rapidement en Angleterre, et fut adoptée dans presque toutes les exploitations de mines; elle y remplaça l'ancienne pompe de Savery, et de nos jours encore dans certaines parties de l'Angleterre où le combustible n'a que peu de valeur on la voit fonctionner avec un certain succès. Ainsi l'admirable conception de Papin était entrée d'une manière définitive dans le domaine de l'industrie.

Nous allons voir une période de plus de soixante années s'écouler sans apporter aucune amélioration aux principes mécaniques concernant l'emploi de la vapeur d'eau. L'explication de ce fait, qui a beaucoup étonné jusqu'ici, paraîtra fort simple, si l'on considère que, dans ce long intervalle, la théorie de la chaleur resta complétement stationnaire. Les physiciens, tout entiers à l'étude nouvelle et si remplie d'attraits des phénomènes électriques, n'avaient pas encore abordé l'examen des faits qui se rapportent à la chaleur; ce n'est que vers l'année 1760 que les théories de la vaporisation, de la condensation et du changement d'état des corps, furent établies par Joseph Black. Aussi, durant cette longue suite d'années qui s'étend depuis la construction de la première machine atmosphérique par Newcomen jusqu'aux travaux de Black, en 1760, l'histoire de la machine à vapeur n'offre à signaler que des perfectionnements apportés à la partie exclusivement mécanique des appareils. Tout ce qui concerne le principe d'action de la machine reste entièrement en dehors de ces modifications secondaires qu'il nous suffira dès lors de mentionner en quelques mots.

Le premier perfectionnement apporté au mécanisme de la pompe à feu est dû à une circonstance qu'il est assez curieux de connaître. Dans la machine telle que Newcomen l'avait construite, les deux robinets destinés à donner accès à la vapeur et à introduire l'eau de condensation dans l'intérieur du cylindre s'ouvraient et se fermaient à la main. Un ouvrier et souvent un enfant étaient chargés d'exécuter cette opération, et quelles que fussent leur habitude ou leur adresse, on ne pouvait obtenir ainsi plus de dix à douze coups de piston par minute; en outre, la moindre distraction de la part de l'apprenti, non-seulement retardait le jeu de la machine, mais pouvait compromettre son existence. En 1713, un enfant chargé de ce soin, contrarié, dit-on, de ne pouvoir aller jouer avec ses camarades, imagina un moyen de se soustraire à cette sujétion forcée. Il avait remarqué que l'un des

robinets devait être ouvert au moment où le balancier a terminé sa course descendante, pour se fermer au commencement de l'oscillation opposée : la manœuvre du second robinet était précisément l'inverse. Les positions du balancier et du robinet se trouvant dans une dépendance nécessaire, l'enfant reconnaît que le balancier lui-même pourrait servir à ouvrir et à fermer les robinets. Son plan est aussitôt conçu et mis à exécution. Il attache à chacun des robinets deux ficelles de longueur inégale, et, après de longs tâtonnements, il fixe leur extrémité libre à des points convenablement choisis sur le balancier ; de telle sorte qu'en s'élevant ou s'abaissant par l'action de la vapeur, le balancier ouvrait ou fermait lui-même les robinets au moment nécessaire. La machine put ainsi marcher sans surveillant, et l'apprenti s'en alla triomphalement rejoindre ses camarades. La tradition nous a conservé le nom de cet utile paresseux : il s'appelait Humphry Potter.

Le mécanicien Beighton substitua aux ficelles du jeune Potter des tringles de fer verticales. C'est en 1718 que Beighton établit à Newcastle une machine de Newcomen dans laquelle, pour la première fois, l'ouvrier chargé de faire manœuvrer les robinets fut remplacé par une tige métallique suspendue au balancier et faisant mouvoir un mécanisme très-simple qui exécutait cette opération. La machine put alors donner quinze coups par minute ; mais l'idée première de charger le balancier lui-même d'exécuter ces mouvements revient à l'apprenti dont le nom est acquis à la postérité.

En 1758, le mécanicien Fitz-Gérald fit connaître, dans les *Transactions philosophiques*, le moyen de transformer le mouvement vertical de la machine atmosphérique en un mouvement rotatoire, par un système particulier de roues dentées et par l'addition d'un volant destiné à régulariser le mouvement. Mais la machine de Newcomen était uniquement consacrée à faire manœuvrer des pompes dans l'intérieur des mines ; cette transformation du mouvement était donc superflue pour le seul objet auquel ce moteur était alors consacré : aussi la proposition de Fitz-Gérald n'eut-elle aucune suite.

L'emploi d'un flotteur imaginé par Brindley, vers 1760, pour régulariser l'entrée de l'eau d'alimentation dans les chaudières est un autre perfectionnement à signaler ici. Nous aurons terminé la revue des principales modifications apportées aux différentes pièces de la pompe à feu, si nous ajoutons que, dans plusieurs machines qu'il fut chargé de construire, l'ingénieur Smeaton parvint à perfectionner beaucoup la fabrication des pistons et des cylindres, et qu'il réussit de cette manière à éviter les pertes considérables de vapeur qu'occasionnaient les machines antérieures. D'utiles modifications apportées à la construction des chaudières et à la disposition du foyer permirent enfin d'économiser une certaine partie du combustible. Nous ne dirons rien des perfectionnements introduits par Smeaton dans la pompe de Savery, car cette dernière avait déjà presque partout cessé d'être en usage.

On le voit cependant, de toutes ces utiles modifications apportées à la machine atmosphérique, aucune ne touchait au principe même de son action, c'est-à-dire à la manière de mettre en jeu la force élastique de la vapeur. La machine de Newcomen, avec son énorme balancier et l'excessive consommation de combustible qu'elle exigeait, continuait de fonctionner en conservant l'ensemble des dispositions imaginées soixante ans auparavant par le serrurier de Darmouth. C'est que la théorie générale de la chaleur, et les théories particulières de la vaporisation et de la condensation, qui en sont la conséquence, étaient encore à créer tout entières. Ce n'est que vers l'année 1694 que les premiers linéaments de la théorie du calorique furent tracés en France par la main de Guillaume Amontons. Ce physicien ingénieux et modeste, qui eut le mérite de découvrir le principe de la télégraphie aérienne, est en effet l'auteur des premières vues raisonnables que l'on ait conçues sur la nature et les effets de la chaleur ; c'est à lui que revient l'honneur d'avoir substitué une opinion sérieuse, fondée sur l'observation et l'expérience, aux divagations de l'ancienne physique concernant ces phénomènes. Amontons émit le premier l'idée vraie et profonde que les divers états de la matière, solide, liquide et gazeux, sont dus à l'existence, dans les corps, d'un fluide impondérable, qu'il désigna sous le nom de *calorique*. Par diverses expériences exécutées avec la précision que pouvaient comporter les moyens d'observation de son époque, il constata les effets de dilatation que provoque dans les corps l'accumulation du calorique ; il reconnut que l'air échauffé augmente de force élastique, et découvrit ce fait important, que l'eau se maintient à une température invariable quand elle a atteint le terme de son ébullition ; en un mot, il procéda le premier par la voie de l'expérience à l'examen des phénomènes calorifiques.

Cependant un obstacle capital empêchait la théorie de la chaleur de s'établir sur des bases solides. Pour qu'une branche quelconque des sciences physiques puisse se constituer, se perfectionner ou s'étendre, il ne suffit pas qu'elle possède un certain nombre de faits, il faut encore qu'ils puissent être rapprochés et comparés entre eux ; il faut que les effets, une fois produits, puissent être soumis à la mesure. Or, les phénomènes relatifs au calorique n'étaient alors susceptibles d'aucune comparaison, car aucun instrument de mesure n'était encore créé. A la vérité, les physiciens possédaient depuis un siècle un petit appareil désigné sous le nom de *thermomètre ;* mais c'est à tort qu'il portait ce nom, car il ne pouvait servir en aucune manière à mesurer et à comparer entre elles les différentes tempé-

ratures des corps; il permettait seulement d'apprécier une différence de température entre deux corps inégalement échauffés.

Les instruments qui nous servent à rechercher les lois de la nature étaient entachés, à leur origine, d'imperfections que l'on vit successivement disparaître devant les résultats de l'expérience. A l'exception du baromètre, qui conserve encore les dispositions et la forme que lui assigna Torricelli, tous les instruments d'observation ou de mesure physique, tels que le télescope, le microscope, la machine pneumatique, la machine électrique, la pile de Volta, etc., ont dû subir un très-grand nombre de transformations avant de recevoir la forme qu'ils présentent de nos jours. Le thermomètre offre particulièrement un exemple de ce fait; il a fallu deux siècles de travaux pour porter cet instrument au degré de perfection qui le distingue aujourd'hui.

On a revendiqué en faveur d'un grand nombre de savants la découverte du thermomètre : François Bacon, Fludd, Drobbel, Sanctorius, Galilée et Van Helmont même, ont été successivement honorés du titre d'inventeurs de cet instrument. Les idées insuffisantes et vagues qui présidèrent à sa construction, au XVIIe siècle, ne méritaient guère cependant d'être disputées entre des savants d'un tel ordre. Rien ne ressemble moins à un appareil de mesure que le thermomètre que les anciens physiciens ont employé. Le premier de ces instruments, qui paraît avoir été construit par le Hollandais Cornélius Drebbel, se composait d'un simple tube de verre rempli d'air, fermé à son extrémité supérieure et plongeant par son extrémité ouverte dans un petit flacon qui contenait de l'acide azotique étendu d'eau. Selon la température extérieure, et par l'effet de la dilatation de l'air enfermé dans le tube, le liquide montait ou s'abaissait dans ce tube. L'instrument était muni d'une échelle divisée en parties égales; mais sa graduation, qui n'était fondée sur aucun principe déterminé, ne fournissait aucune indication comparable.

Un membre de l'Académie *del Cimento* de Florence perfectionna, vers le milieu du XVIIe siècle, cet instrument grossier, sans réussir cependant à rendre ses degrés comparables. Le thermomètre de l'Académie *del Cimento* consistait simplement en un tube de verre purgé d'air et rempli d'alcool coloré; on le portait dans une cave et l'on marquait d'un trait le point où s'arrêtait le liquide; les portions du tube situées au-dessus et au-dessous de ce trait étaient ensuite divisées en cent parties égales. Avec une division aussi arbitraire, ces instruments ne pouvaient s'accorder entre eux; deux thermomètres construits suivant cette même méthode parlaient chacun une langue différente. Cependant la physique se contenta durant un demi-siècle de cet instrument grossier (1).

C'est un physicien de Pise, Renaldini, professeur à Padoue, qui reconnut le premier la nécessité de bannir du thermomètre toutes les mesures vagues et arbitraires adoptées jusque-là, et qui proposa de choisir, pour établir la graduation de l'instrument, des *points fixes* que l'on pût retrouver en toute occasion. Peu de temps après, Newton mit à exécution l'idée que le professeur de Padoue n'avait réalisée que d'une manière incomplète. L'illustre physicien donna, en 1701, dans les *Transactions philosophiques*, la description du premier thermomètre à indications comparables. Le liquide employé par Newton pour la mesure de la chaleur était l'huile de lin; les points fixes adoptés pour sa graduation étaient la température du corps humain pour le terme supérieur, et pour le terme inférieur, le point où s'arrêtait l'huile au moment de sa congélation que l'on provoquait en plongeant l'instrument dans la neige. L'intervalle entre ces deux points fixes était divisé en douze parties, et la division prolongée au-delà de ces deux limites. Le point d'ébullition de l'eau correspondait ainsi au degré 34, celui de la fusion de l'étain à 72, etc. Newton détermina, à l'aide de cet instrument, plusieurs termes de température dont la connaissance importait à la physique.

Cependant la faible dilatation de l'huile par l'action de la chaleur et sa congélation à une température modérée rendaient incertain et délicat l'emploi du thermomètre de Newton. C'est ce qui détermina Amontons à chercher un agent thermométrique plus sensible aux influences du calorique, et, dans cette vue, le physicien français construisit un thermomètre à air. Le point fixe de cet instrument fut déterminé par la température de l'eau bouillante, qu'Amontons avait reconnue le premier comme un terme constant. Mais cet instrument présentait, dans la pratique, toutes les difficultés qui se rattachent à l'emploi du thermomètre à gaz, et qui dépendent surtout de la dilatation trop considérable que les fluides élastiques éprouvent par l'action de la chaleur. Il exigeait naturellement la correction de la hauteur barométrique, et de plus, comme il avait au moins quatre pieds de long, il était assez difficile à manier à cause de son poids et de sa fragilité.

Le problème de la construction d'un thermomètre comparable, exact, sensible et commode, présentait, on le voit, des difficultés de plus d'un genre, et ce ne fut qu'en 1714, qu'il fut à peu près résolu par un fabricant d'instruments de Dantzick, nommé

(1) Dans ses expériences sur le *digesteur*, Papin ne se servit jamais du thermomètre. Pour évaluer la température de la vapeur qui remplissait l'appareil, il se contentait de laisser tomber une goutte d'eau sur le couvercle du *digesteur;* le nombre de secondes que cette goutte d'eau employait à s'évaporer lui servait d'indice comparatif et de moyen de mesure pour déterminer approximativement la température de la vapeur. (Voyez *La manière d'amollir les os*, p. 12.)

Gabriel Fahrenheit. Dans ses premiers thermomètres, l'artiste allemand s'était servi d'alcool pour liquide thermométrique, mais il eut plus tard l'heureuse idée de choisir le mercure. Ce métal, employé comme agent de mesure pour la chaleur, réunit en effet toutes les conditions désirables : il n'entre en ébullition qu'à une température très-élevée, et peut servir, par conséquent, à mesurer la chaleur dans des termes fort étendus; il ne se congèle qu'à une température qui ne se réalise jamais dans nos régions; enfin, et c'est là le point capital pour son application comme agent thermométrique, il se dilate uniformément, c'est-à-dire que son augmentation de volume est exactement proportionnelle, au moins dans une échelle très-étendue, à la quantité de calorique qu'il reçoit. Les points fixes choisis par Fahrenheit étaient l'ébullition de l'eau pour le terme supérieur, et, pour le terme inférieur, le point auquel l'instrument s'arrêtait quand il le plongeait dans un mélange de sel ammoniac et de neige, dont il n'a jamais fait connaître, d'ailleurs, les proportions relatives. L'intervalle qui séparait ces deux points était divisé en deux cent douze parties, de telle sorte que le point de la congélation de l'eau correspondait à 32 degrés, celui de la température du corps humain à 96 degrés, et celui de l'ébullition de l'eau à 212 degrés. La plupart de ses thermomètres n'étaient pas gradués au delà de 96 degrés (1).

Le thermomètre de Fahrenheit fut immédiatement adopté en Angleterre et en Allemagne, où il est encore en usage aujourd'hui. En France, on se servit de préférence du thermomètre construit, vers 1730, par Réaumur, qui choisit pour les deux points fixes le terme de la glace fondante et celui de l'ébullition de l'eau et qui divisa l'entre-deux en quatre-vingts parties égales. Enfin Celsius, professeur à Upsal, construisit, en 1741, le thermomètre que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de *thermomètre centigrade* ou de *Celsius;* il partagea en cent parties égales l'intervalle entre les deux points fixes de la glace fondante et de l'ébullition de l'eau (2).

La physique possédait enfin un instrument qui permettait de mesurer les phénomènes calorifiques. On pouvait donc aborder l'étude des lois de la chaleur avec des moyens rigoureux d'observation, et, grâce à leur emploi, la théorie du calorique ne tarda pas à se constituer.

C'est au physicien écossais Joseph Black, professeur à l'université de Glascow, que revient l'honneur d'avoir fondé la théorie générale de la chaleur. Après avoir confirmé par l'expérience la vérité de l'opinion d'Amontons touchant la cause de l'état physique des corps, Joseph Black créa, par une suite d'observations et de mesures précises, la théorie du *calorique latent* et du *calorique spécifique*. La première de ces théories était appelée à jeter la plus vive lumière sur les phénomènes qui accompagnent la vaporisation des liquides et la condensation des vapeurs. Elle se résume presque tout entière dans l'expérience suivante exécutée par Black en 1762.

Si l'on prend 1 kilogramme d'eau à la température de 79 degrés et 1 kilogramme d'eau à la température de 0 degrés, et qu'on les mêle, le thermomètre, plongé dans ce mélange, indique 39°5, c'est-à-dire la moyenne entre les températures des deux liquides mélangés à poids égaux. Mais le résultat sera tout autre si, au lieu d'employer de l'eau liquide à 0 degrés, on emploie de la glace, c'est-à-dire de l'eau présentant toujours la température de 0 degrés, mais offrant la forme solide. Si l'on mêle, en effet, 1 kilogramme de glace à 0 degrés et 1 kilogramme d'eau chauffée à 79 degrés, on observe que la glace se fond et que le mélange tout entier devient liquide. Mais, si l'on prend la température du mélange, on reconnaît qu'au lieu de représenter, comme dans l'expérience précédente, la moyenne entre les deux températures, elle est seulement de 0 degrés. Les 79 degrés de chaleur que renfermait le kilogramme d'eau ont ainsi disparu sans laisser de traces; seulement la glace s'est fondue et le mélange a pris la forme liquide. Que conclure de ce fait remarquable? C'est que le kilogramme de glace a dû absorber, pour se fondre, les 79 degrés de chaleur qui ont disparu, et que cette quantité de calorique a été employée à déterminer sa fusion, puisque la température n'a pas varié. Ainsi 1 kilogramme d'eau solide a besoin, pour se liquéfier, d'absorber 79 degrés de chaleur;

(1) Cette division en 212 parties, en apparence assez arbitraire, avait été adoptée par Fahrenheit parce qu'il avait trouvé par expérience, que 11,124 parties de mercure, en volume, chauffées depuis le terme 0 jusqu'à l'eau bouillante, se dilataient au point d'en constituer alors 11,336, c'est-à-dire de présenter une dilatation de 212 parties en volume.

(2) C'est le physicien Celsius qui détermina les physiciens à abandonner, pour la graduation du thermomètre, la considération du volume de la liqueur enfermée dans l'instrument et à s'en tenir aux points fixes sans avoir égard à la dilatation du liquide qu'il contient. Fahrenheit et Réaumur avaient, au contraire, établi la division de leur instrument en comparant la grandeur de chaque degré à la masse totale du liquide renfermé dans le réservoir. Ainsi, chaque degré de l'échelle du thermomètre à alcool de Réaumur indiquait que la liqueur s'était dilatée de un millième de son volume à zéro, et chaque degré du thermomètre de Fahrenheit représentait une dilatation de 1/212. Un Génevois nommé Ducrest avait émis cette idée une année avant Celsius; mais le point fixe qu'il avait choisi était fautif, puisqu'il l'avait déterminé en plaçant simplement l'instrument dans les caves de l'Observatoire de Paris. En choisissant pour le terme 0 le point de la glace fondante, Celsius donnait à son thermomètre un point fixe qui réunissait tous les avantages possibles pour la certitude de ce terme, par sa constance et par la facilité de le reproduire en toute occasion. C'est donc au physicien suédois qu'il convient de faire honneur de la perfection que le thermomètre présente de nos jours.

en d'autres termes, 1 kilogramme d'eau liquide diffère d'un même poids d'eau solidifiée, en ce qu'elle contient 79 degrés de chaleur de plus que cette dernière. Mais cette chaleur n'est pas appréciable à nos organes, elle n'est pas accusée par le thermomètre; elle est latente, et c'est pour cela que Black, et avec lui tous les physiciens modernes, donnent le nom de *chaleur latente* à cette quantité de calorique que n'affecte pas le thermomètre, et qui est nécessaire pour provoquer le changement d'état des corps (1).

Les phénomènes qui s'observent pendant le passage d'un corps de l'état solide à l'état liquide se reproduisent quand un liquide passe à l'état de vapeur. Pour se vaporiser, tous les liquides ont besoin d'absorber une quantité déterminée de calorique. Aussi la vapeur d'eau à 100 degrés diffère-t-elle de l'eau liquide à la même température en ce qu'elle renferme une quantité considérable de calorique dissimulé ou latent, qui la maintient à l'état de fluide élastique. En effet, lorsque la vapeur d'eau se condense, elle rend subitement libre tout le calorique latent qu'elle contenait, et cette quantité est très-considérable, puisque l'on a reconnu que 1 kilogramme de vapeur d'eau à la température de 100 degrés met en liberté, en revenant à l'état liquide, une quantité de calorique suffisante pour porter à l'ébullition 5,35 kilogrammes d'eau à zéro.

Telles sont les simples et grandes vérités mises en évidence par les expériences de Joseph Black, et entièrement ignorées avant lui. On comprend sans peine de quelle utilité était la connaissance de ces faits pour le perfectionnement des machines mises en jeu par la force élastique de la vapeur. C'est avec leur secours qu'il fut permis, dès ce moment, de calculer la quantité de chaleur mise en liberté par la condensation d'un volume donné de vapeur dans le cylindre de la machine de Newcomen, d'expliquer les phénomènes qui accompagnent cette condensation, d'apprécier la force élastique de la vapeur à différentes températures; en un mot, d'étudier par la voie de l'expérience un grand nombre d'éléments pratiques qui jouent un rôle dans les effets de cette machine. Les découvertes de Black concernant le *calorique spécifique*, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un même nombre de degrés un poids donné des différents corps, apportèrent à l'étude théorique de la machine à vapeur des éléments de la même importance.

Joseph Black, l'un des savants les plus remarquables du siècle dernier, n'a presque rien imprimé. Si l'on en excepte deux mémoires insérés dans les *Transactions philosophiques*, le seul témoignage écrit que l'illustre physicien nous ait laissé de ses travaux se réduit à son traité intitulé : *Expériences sur la magnésie, la chaux vive et les substances alcalines*. Professeur depuis l'année 1754 à l'université de Glascow, et l'un des professeurs les plus habiles de cette université, alors si riche en hommes distingués, Joseph Black se contentait d'exposer dans ses cours le résultat de ses recherches. C'est ainsi que sa théorie du calorique latent fut développée chaque année, à partir de 1763, devant les nombreux élèves qui se pressaient à ses cours.

Parmi les personnes qui suivaient à cette époque les leçons de Joseph Black, se trouvait un jeune ouvrier mécanicien que la protection de l'université venait de tirer d'une position embarrassante. Appartenant à une famille honorable d'Écosse, ruinée par de mauvaises spéculations commerciales, il avait été forcé de renoncer à la carrière des sciences pour laquelle il avait manifesté dès son enfance des dispositions extraordinaires. A l'âge de seize ans, il avait été mis par ses parents en apprentissage à Greenock, sa ville natale, dans un petit atelier où l'on exécutait des compas, des balances, des cadrans solaires, et quelques appareils de physique. A l'âge de vingt ans, on l'avait envoyé à Londres chez un constructeur d'instruments de navigation. Mais la faiblesse de sa santé et une grave maladie qu'il avait contractée en travaillant pendant toute une journée d'hiver près de la porte de l'atelier, l'avaient obligé de quitter Londres. Pour essayer les effets de l'air natal, il était revenu en Écosse, et s'était rendu à Glascow avec l'intention d'y exercer sa profession de constructeur d'appareils de mathématiques. Mais la corporation d'arts et métiers de la ville, s'appuyant sur d'antiques priviléges, s'était obstinément opposée à ce qu'il ouvrît à Glascow le plus humble atelier. Le jeune artiste se trouvait donc dans une situation assez pénible, lorsque l'université intervint en sa faveur, et, pour terminer la difficulté, lui accorda le titre de son constructeur d'appareils de physique. Elle lui permit en même temps d'ouvrir une petite boutique dans un local de ses bâtiments. Il fut convenu que, tout en s'occupant de réparer ou de construire les appareils de l'université, il pourrait travailler pour le public aux divers objets de sa profession. Le nom qui fut inscrit sur l'humble enseigne de sa pauvre boutique était alors profondément inconnu, mais il était destiné à traverser les siècles : c'était le nom de James Watt.

En arrachant le jeune Watt aux tracasseries de ses confrères, les professeurs de Glascow croyaient seulement s'être attaché un ouvrier adroit et d'un commerce agréable; mais ils ne tardèrent pas à reconnaître qu'ils avaient mis la main sur un homme supérieur. Les brillantes qualités intellectuelles du fabricant de l'université furent promptement appréciées, et bientôt son étroite boutique devint le lieu préféré où se rencontrait chaque jour tout ce que Glascow pouvait réunir d'hommes instruits et d'élèves studieux. L'un de ses contemporains, le

(1) Quand l'eau se congèle, elle met en liberté sa chaleur latente. On peut, en effet, constater, par l'expérience, qu'en se solidifiant, 1 kilogramme d'eau à 0 degrés abandonne 79 degrés de chaleur.

docteur Robison, va nous faire connaître le rôle que jouait le jeune ouvrier mécanicien dans ce cercle de talents distingués : « Quoique élève encore, dit l'auteur du *Philosophical magazine*, j'avais la vanité de me croire assez avancé dans mes études favorites de mécanique et de physique, lorsqu'on me présenta à Watt. Aussi, je l'avoue, je ne fus pas médiocrement mortifié en voyant à quel point le jeune ouvrier m'était supérieur. Dès que, dans l'université, une difficulté nous arrêtait, et cela quelle qu'en fût la nature, nous courions chez notre artiste. Une fois provoqué, chaque sujet devenait pour lui un texte d'études sérieuses et de découvertes. Jamais il ne lâchait prise qu'après avoir entièrement éclairci la question proposée, soit qu'il la réduisît à rien, soit qu'il en tirât quelque résultat net et substantiel. Un jour, la solution désirée sembla exiger la lecture de l'ouvrage de Leupold sur les machines : Watt apprit aussitôt l'allemand. Dans une autre circonstance et pour un motif semblable, il se rendit maître de la langue italienne... La simplicité naïve du jeune ingénieur lui conciliait sur-le-champ la bienveillance de tous ceux qui l'approchaient. Quoique j'aie assez vécu dans le monde, je suis obligé de déclarer qu'il me serait impossible de citer un second exemple d'un attachement aussi sincère et aussi général, accordé à quelque personne d'une supériorité incontestée. Il est vrai que cette supériorité était voilée par la plus aimable candeur, et qu'elle s'alliait à la ferme volonté de reconnaître libéralement le mérite de chacun. Watt se complaisait même à doter l'esprit inventif de ses amis de choses qui n'étaient souvent que ses propres idées présentés sous une autre forme (1). »

Les choses en étaient là, lorsque dans l'hiver de l'année 1763, le professeur de physique de la classe de philosophie naturelle du collége de Glascow envoya à James Watt un modèle de la machine de Newcomen, avec prière de le réparer. A cette époque, le développement considérable que l'industrie commençait à prendre en Angleterre avait répandu dans tous les esprits le goût des connaissances scientifiques, et, dans la plupart des universités, on avait eu la bonne pensée de seconder ces dispositions en adjoignant aux études littéraires l'exposition des éléments de la mécanique appliquée. Le collége de Glascow possédait à cet effet la collection de toutes les machines en usage dans l'industrie, et l'on voyait figurer dans ses galeries un très-beau modèle de la machine de Newcomen. Mais, en raison de certains défauts de construction, ce modèle n'avait jamais pu bien fonctionner, et le professeur Anderson chargea le jeune constructeur de l'université de le mettre en état de servir aux démonstrations de son cours. Telle fut la circonstance qui amena James Watt à s'occuper pour la première fois de la machine à vapeur, dans laquelle, nouveau Christophe Colomb, il devait découvrir tout un monde.

James Watt se mit à réparer la machine du collége de Glascow; mais, quand tout fut terminé et qu'il essaya de la faire fonctionner, il reconnut qu'elle pouvait à peine soulever le piston. En augmentant l'activité du feu on obtenait quelques oscillations, mais alors il fallait employer, pour condenser la vapeur, une énorme quantité d'eau froide. Ce défaut tenait à un vice de proportion entre les dimensions du cylindre et celles de la chaudière : celle-ci était trop petite relativement à la capacité du corps de pompe, et elle ne pouvait fournir qu'une quantité de vapeur insuffisante pour mettre le piston en jeu. Watt diminua la longueur du cylindre et dès lors la machine put marcher avec une certaine régularité.

Mais il y avait dans cette machine d'autres défauts beaucoup plus sérieux et qu'il était impossible de faire disparaître, parce qu'ils tenaient au principe même sur lequel reposait tout le mécanisme. La pompe à feu de Newcomen présente un vice de la dernière gravité. Lorsque l'eau d'injection afflue dans le corps de pompe, elle condense immédiatement la vapeur qui le remplit, ce qui permet à l'atmosphère, qui pèse sur la tête du piston, de le précipiter jusqu'au bas de sa course; mais l'eau froide, une fois en contact avec les parois du cylindre échauffées par la vapeur, les refroidit aussitôt, et lorsqu'ensuite une nouvelle quantité de vapeur arrive sous le piston, pour le soulever, cette vapeur est nécessairement ramenée en partie à l'état liquide en touchant les parois froides du cylindre. Une grande partie de la vapeur envoyée par la chaudière est donc perdue, puisqu'elle est uniquement employée à réchauffer le corps de pompe. James Watt constata que le modèle de Glascow usait à chaque oscillation du piston un volume de vapeur plusieurs fois supérieur au volume du cylindre, ce qui amenait la perte de plus de la moitié du combustible employé. Un second défaut qui était inhérent à la machine de Newcomen, c'est que l'eau injectée dans le corps de pompe pour y condenser la vapeur, s'échauffait elle-même en s'emparant du calorique latent de la vapeur condensée; dès lors cette eau échauffée fournissait des vapeurs, ce qui rendait le vide imparfait. La résistance que le piston rencontrait dans la machine de Glascow par suite de cette dernière circonstance, était équivalente, selon James Watt, au quart de la pression atmosphérique.

Après avoir reconnu les vices de la machine de Newcomen, Watt pensa qu'il ne serait pas impossible de parer à ses défauts. Mais, pour réaliser les perfectionnements dont cet appareil lui semblait susceptible, il fallait commencer par fixer sa théorie avec exactitude. C'est dans ce but que le jeune artiste se décida à entreprendre une série d'expériences relatives à la théorie des divers phénomènes sur lesquels reposent

(1) Arago, *Eloge historique de James Watt*, page 266.

l'emploi de la vapeur dans la pompe à feu de Newcomen. Il détermina donc par expérience la quantité de vapeur que fournit un poids donné de charbon dans une machine de ce genre. Il rechercha ensuite d'une manière générale le volume de vapeur que produit un certain volume d'eau porté à l'ébullition, et il reconnut ainsi qu'un volume d'eau liquide fournit environ 1,700 volumes de vapeur. Ce fut en se servant de simples fioles à l'usage des pharmaciens que Watt parvint à fixer ce chiffre important, que les expériences des physiciens modernes, exécutées avec toute la précision et la rigueur de nos méthodes actuelles, n'ont pu que légèrement modifier. Watt détermina également la quantité de chaleur mise en liberté par la condensation d'un certain volume d'eau, et c'est ici que la théorie de Black sur la chaleur latente lui devint d'une haute utilité. Etonné de la grande quantité d'eau froide qu'il fallait injecter dans le cylindre de Newcomen pour y condenser la vapeur, et frappé de la chaleur considérable que cette eau empruntait au faible volume de vapeur contenu dans le cylindre, il cherchait inutilement à s'expliquer la cause de ce phénomène : « J'en parlai alors, dit-il, à mon ami le docteur Black, qui me développa à cette occasion sa doctrine du *calorique latent*, dont il avait conçu l'idée quelques années auparavant. Absorbé moi-même par mes travaux et mes propres recherches, j'avais pu entendre parler de cette nouvelle doctrine sans y donner toute l'attention qu'elle méritait, jusqu'au moment où je me vis ainsi arrêté devant l'un des principaux faits sur lesquels repose cette admirable théorie (1). » Guidé par les vues de Joseph Black, Watt put déterminer la quantité d'eau froide qu'il fallait injecter dans le cylindre d'une pompe de Newcomen de dimensions connues pour obtenir une condensation parfaite, et le volume de vapeur qu'une pareille machine dépense à chaque oscillation du piston. Enfin, comme la force élastique de la vapeur s'accroît avec la température, il essaya, sans prétendre cependant résoudre en entier une question si difficile, de déterminer la force élastique de la vapeur correspondant à chaque degré de chaleur.

Ainsi le pauvre fabricant d'instruments de l'université de Glascow se trouvait sérieusement lancé à la poursuite du grand problème du perfectionnement de la machine de Newcomen, question qui commençait alors à occuper un grand nombre d'ingénieurs distingués. En effet, malgré tous ses défauts et la dépense énorme de combustible qu'elle entraînait, la pompe de Newcomen était déjà très-répandue en Angleterre. Employée dans un grand nombre de mines de houille à l'épuisement des eaux, elle y remplaçait les moteurs anciennement en usage, et elle avait contribué à faire sortir cette branche importante de l'industrie britannique de l'état précaire où elle avait longtemps langui. Il était donc facile de prévoir de quelle importance serait pour l'avenir du pays une modification de cette machine qui, tout en ajoutant à la puissance de ses effets, permettrait d'économiser une grande partie du combustible. Watt embrassa d'un coup d'œil toute la portée de la tâche qu'il allait entreprendre; mais les travaux de sa profession absorbaient la plus grande partie de ses moments et l'empêchaient de suivre ses expériences avec l'attention et les soins nécessaires; il prit donc la résolution de s'y consacrer tout entier.

Une circonstance nouvelle le décida à hâter l'exécution de ce projet. Il s'occupait avec ardeur à des travaux de son atelier, pour venir en aide à sa famille que de nouveaux revers venaient de réduire à un état voisin de la misère. La seule distraction qu'il se permettait, c'était de se rendre le dimanche dans une maison de campagne située aux environs de Glascow, et habitée pendant la belle saison par un de ses oncles, M. Miller. Or, M. Miller avait une fille de dix-huit ans. Le cœur d'un mécanicien n'est pas plus qu'un autre fermé aux séductions de l'amour. James Watt s'éprit de la jeunesse, des charmes et des qualités aimables de sa cousine, et sa demande ayant été agréée, il épousa miss Miller en 1764.

Cette union, en lui assurant une certaine aisance, le détermina à fermer le petit atelier qu'il occupait dans les bâtiments de l'université de Glascow. Il s'établit dans l'intérieur de la ville avec l'intention d'y exercer la profession d'ingénieur civil, et de s'occuper en même temps de ses recherches sur le perfectionnement de la machine de Newcomen. Les heureuses qualités de miss Miller exercèrent sur les travaux de James Watt la plus heureuse influence. Quoique doué au suprême degré du génie de la mécanique, le célèbre constructeur avait dans le caractère une indolence assez marquée. Celui qui, sur la fin de sa carrière, disait : « Je n'ai connu que deux plaisirs, la paresse et le sommeil, » avait besoin de ce doux et secret empire qu'exerce le cœur d'une femme aimée pour réveiller et tenir en haleine son insoucieux génie. Cette influence ne tarda pas à se manifester, car ce fut en 1765, un an après son mariage que Watt, donnant enfin un corps aux idées qui depuis longtemps flottaient dans son esprit, réalisa la première et peut-être la plus importante de ses découvertes, celle du *condenseur isolé*.

On a vu que le vice capital de la machine de Newcomen consistait dans la nécessité de refroidir et de réchauffer alternativement le cylindre pour y opérer la condensation de la vapeur : le refroidissement du corps de pompe, par suite de l'injection de l'eau froide, faisait perdre l'effet utile des trois quarts du combustible employé. Le problème regardé jusque-là comme insoluble par tous les ingénieurs, de condenser la vapeur sans refroidir le corps de pompe, fut complète-

(1) Addition de Watt à l'article *Steam engine* du *Philosophicale magazine* de Robison, t. II, p. 117.

ment résolu, grâce à l'idée admirable qui vint à l'esprit de James Watt de condenser la vapeur dans un vase isolé, séparé du cylindre et ne communiquant avec lui que par un tube. On conçoit en effet que, si, au moment où le corps de pompe est rempli de vapeur, on donne tout d'un coup issue à cette vapeur, en ouvrant un robinet qui lui donne accès dans un vase continuellement entretenu à une basse température par un courant d'eau froide, toute la vapeur se précipitera dans l'intérieur de ce vase en raison de son expansibilité; le vide sera même obtenu de cette manière avec beaucoup plus de rapidité, car la condensation de la vapeur appellera presque instantanément dans le second vase toute la vapeur qui remplissait le corps de la pompe. Ainsi la condensation pourra s'opérer sans que jamais le cylindre soit refroidi; une économie considérable de vapeur, et par conséquent de combustible, sera du même coup réalisée. Le vase isolé qui remplit cet important objet porte le nom de *condenseur*.

Mais il restait une autre difficulté, c'était de se débarrasser de la grande quantité d'eau employée pour refroidir le condenseur. Watt la surmonta en établissant dans l'intérieur de ce vase une pompe à eau mue par le balancier de la machine elle-même, et qui épuisait l'eau contenue dans ce réservoir à mesure qu'elle avait servi à opérer la condensation. On perdait ainsi une partie de la force de la machine qui était employée à faire jouer cette pompe; mais la perte était peu de chose relativement à celle que déterminait auparavant la condensation d'une grande partie de la vapeur sur les parois refroidis du cylindre.

Par l'addition du condenseur isolé, Watt apportait à la machine de Newcomen une modification capitale; il y diminuait de plus de moitié la dépense du combustible. Mais la machine ainsi modifiée reposait encore sur le même principe : c'était toujours la *machine atmosphérique;* dans laquelle la force motrice était fournie par le seul poids de l'air s'exerçant sur la tête du piston. Par une invention postérieure il changea complétement le principe moteur de cette machine. Bannissant toute intervention de la pression atmosphérique, il fit dépendre uniquement ses effets de la force élastique de la vapeur.

Par un nouvel et ingénieux emploi de la force élastique de la vapeur d'eau, Watt créa, on peut le dire, la véritable machine à vapeur. La machine de Newcomen ne méritait, à proprement parler, que le nom de *machine atmosphérique :* car la pesanteur de l'air était le seul élément auquel sa force fût empruntée. Pour la première fois on tirait la puissance motrice de l'unique action de la vapeur; il serait donc, jusqu'à un certain point, permis d'attribuer à l'ingénieur de Glascow l'invention de la machine à vapeur moderne.

Les expériences multipliées auxquelles il devait se livrer pour arriver à de si importants résultats, Watt les exécutait dans un modeste atelier installé au rez-de-chaussée de sa maison, avec le secours d'un petit nombre d'ouvriers, confidents discrets de ses espérances et de ses travaux. Le modèle dont il se servit pour essayer le jeu des divers organes de sa machine consistait en un cylindre de cuivre de moins de deux pouces de diamètre, auquel une chaudière fournissait de la vapeur, qui s'introduisait, à l'aide d'un tube bifurqué, au-dessus et au-dessous de la tête du piston. Les robinets se tournaient à la main. Le condenseur était simplement formé de deux tuyaux d'étain de dix pouces de longueur, disposés verticalement, et venant aboutir à un tuyau d'un diamètre plus grand qui plongeait dans un bassin d'eau froide. Pour juger définitivement le jeu des divers organes de sa machine, Watt la fit exécuter en grand avec tous les éléments nouveaux qu'il avait imaginés. C'est à cette occasion qu'il fit pour la première fois usage de l'enveloppe de bois entourant le cylindre, communément appelée *chemise du corps de pompe*, et qui a pour effet de prévenir les pertes de chaleur, et par conséquent de vapeur, que le cylindre éprouve par suite de son rayonnement dans l'air. Par cet artifice, il parvint à diminuer encore très-sensiblement la dépense du combustible.

Ainsi la machine à vapeur était désormais complète. A la machine atmosphérique, dont les découvertes de Torricelli, de Pascal et d'Otto de Guericke avaient fait naître l'idée, que le génie de Papin et la sagacité de Newcomen avaient transportée dans la pratique, Watt substituait une machine infiniment supérieure par l'intensité de ses effets, et qui devait son principe à la seule force de la vapeur d'eau (1). Sous le rapport de la puissance et de l'économie, les avantages de ce nouveau moteur étaient de nature à dépasser toutes les espérances. Il ne restait donc plus qu'à le transporter dans la pratique industrielle. Mais l'auteur de tant de découvertes admirables n'avait aucune des

(1) C'est ici le cas de nous reporter aux réflexions qui précèdent le travail, d'ailleurs si intéressant, de M. Figuier. M. Figuier se trompe en attribuant à Papin la transformation de la machine atmosphérique en machine à vapeur proprement dite, telle que nous la connaissons aujourd'hui. La machine à *double effet*, dont il s'agit ici, n'est véritablement qu'une modification de la machine atmosphérique, puisqu'elle emploie le condenseur; c'est la pesanteur de l'air extérieur qui est l'unique source de la force motrice. Ce n'est que lorsqu'on a supprimé le condenseur, la pompe à air et toutes les complications qui s'y rattachent, ce n'est que lorsqu'on a abandonné l'issue de la vapeur à l'air libre, pour profiter seulement de la puissance d'expansion, supérieure à la résistance de l'atmosphère, que la machine dite *à haute pression*, cette machine, si simple, a mérité véritablement le nom de machine à vapeur, et l'invention de Watt, où la production préalable du vide fut toujours indispensable, a fait place à une invention toute différente et basée sur un principe tout opposé. On en est revenu au principe de l'éolipyle des anciens, et les travaux de Watt, tout précieux qu'ils furent sous le rapport des moyens de constructions des appareils, sont aujourd'hui remplacés presque partout.

qualités nécessaires pour faire comprendre à des capitalistes, obligés par état à beaucoup de défiance, toute la portée d'une invention nouvelle. Watt, assez insouciant par caractère, détestait l'exagération des promesses qui sont familières aux inventeurs de tous les rangs ; il ne prenait aucune peine pour faire apprécier son mérite. D'ailleurs il n'était pas encore entièrement satisfait des résultats qu'il avait obtenus ; il rêvait des perfectionnements nouveaux, et répugnait à faire connaître ses idées avant d'avoir produit tout ce qu'il en espérait. Enfin les périls des entreprises industrielles avaient de quoi effrayer la timidité de son esprit, il hésitait à risquer ses faibles ressources sur cette mer trop fertile en naufrages. Une circonstance fortuite put seule le décider à céder aux instances de ses amis.

Quoique voué tout entier aux travaux de son art, Watt était cependant assez répandu dans le monde, où le faisaient rechercher ses qualités agréables et la gaieté de son humeur. Nourri de bonne heure de toute espèce de lectures, doué d'une mémoire prodigieuse, d'une parole facile et d'une imagination intarissable, il n'avait pas tardé à acquérir à Glascow la réputation d'un causeur accompli. Aussi sa maison était-elle le rendez-vous de tous les personnages distingués de la cité. Outre son ami le docteur Black, on trouvait chez lui Adam Smith, le célèbre auteur des *Recherches sur la cause des richesses des nations ;* Robert Simson, le patient restaurateur des ouvrages mathématiques des anciens, et divers littérateurs ou artistes qui aimaient à jouir des charmes et des profits de sa conversation. C'est par là que le docteur Roebuck fut amené à lier quelques relations avec James Watt. Roebuck, riche gentilhomme anglais, fondateur de la célèbre usine de Carron, se distinguait du reste des capitalistes par son esprit et sa bonne humeur. Il fut présenté à Watt et fréquenta sa maison. Le hasard d'un entretien amena ce dernier à lui communiquer les modifications qu'il avait apportées à la machine de Newcomen. Le capitaliste anglais était lancé à cette époque dans des spéculations assez difficiles pour l'exploitation des mines de houille et des salines de Borrowstones, dans le comté de Linlithgow. Comprenant toute la portée des inventions de Watt, il lui offrit immédiatement les capitaux nécessaires pour les exploiter : il proposait de se charger de toutes les dépenses, à la condition d'obtenir les deux tiers des bénéfices de l'entreprise. Le marché accepté, James Watt commença à construire à Kinneil, aux environs de Borrowstones, une pompe à feu qui fut placée à l'entrée d'un puits de mine pour y servir à l'épuisement des eaux. Comme cette machine n'était qu'une sorte de dernier essai, Watt lui fit subir différentes modifications, jusqu'à ce qu'elle eût atteint un haut degré de perfectionnement. Pour s'assurer alors la propriété exclusive de ses inventions, il s'occupa d'obtenir un brevet qui lui assurât le privilége de la construction des machines à vapeur modifiées. Ce brevet lui fut accordé en 1769.

James Watt faisait ses dispositions pour créer un vaste établissement consacré à la construction des machines à vapeur, lorsque, à la suite de spéculations manquées, la fortune du docteur Roebuck vint à recevoir de graves atteintes qui l'obligèrent d'abandonner son entreprise. Watt, envers qui il se trouvait débiteur d'une somme assez importante, eut la générosité de rompre l'association et de le libérer de tout engagement. Ensuite, avec une modestie, une sérénité admirables, il reprit paisiblement le cours de ses occupations d'ingénieur. Pendant quatre ans il se consacra exclusivement aux travaux de cette profession. Il traça les plans et dirigea la construction d'un canal destiné à porter à Glascow le charbon des mines de Monkland. Il dressa les projets de divers autres canaux et se livra à des études relatives à certaines améliorations des ports d'Ayr, de Glascow et de Greenock. Il construisit les ponts d'Hamilton et de Rutherglen, et s'occupa enfin de l'exploration des terrains à travers lesquels devait passer le canal calédonien. L'homme de génie à qui le monde allait devoir, dans un délai prochain, les plus brillantes créations de la mécanique moderne, ne dédaignait pas de s'employer aux plus médiocres travaux d'un conducteur des ponts et chaussées. Un coup terrible, qui vint le frapper à cette époque, contribua encore à écarter de son esprit les grands projets qui l'avaient un instant séduit. Pendant qu'il se trouvait retenu par ses travaux dans le nord de l'Écosse, il eut la douleur de perdre sa douce et tendre compagne. Tout entier à ses regrets, Watt n'accordait plus une pensée à ses anciens travaux ; il semblait avoir oublié qu'il tenait dans ses mains la richesse future et presque les destinées de son pays. Heureusement ses amis ne l'oubliaient pas.

En 1774, on réussit enfin à triompher de ses répugnances et on le décida à se mettre en rapport avec le célèbre industriel Matthieu Boulton, de Birmingham. Boulton possédait le génie de l'industrie autant peut-être que Watt celui de la mécanique ; il avait la réputation du plus riche, du plus habile et du plus entreprenant manufacturier de l'Angleterre. L'établissement qu'il avait fondé peu d'années auparavant à Soho, près de Birmingham, pour la fabrication de toutes sortes d'ouvrages de fer, d'acier, d'argenterie et de plaqué, était un des plus importants et des mieux tenus du royaume. A peine eut-il connaissance des modifications apportées à la machine à vapeur par l'ingénieur de Glascow, qu'il en devina tout l'avenir et n'hésita pas à mettre sa fortune entière à la disposition de l'inventeur. Il passa avec James Watt une acte d'association et fit aussitôt construire une machine de proportions considérables qui fut établie dans son usine de Soho, afin que le public pût être témoin de ses effets. Mais le brevet d'exploitation, pris

en 1769 par James Watt, n'avait plus que quelques années à courir; on s'adressa donc au parlement pour en obtenir la prolongation. Grâce au crédit et à l'activité de Boulton, le parlement consentit, non cependant sans de longues difficultés, à prolonger le privilége. En 1775, contrairement aux dispositions qui régissent les brevets, on accorda à Boulton et à Watt un nouveau privilége de vingt-cinq ans de durée, en considération du mérite éminent des inventions de l'auteur, attesté par les savants les plus recommandables de Londres. Boulton et Watt purent alors se lancer hardiment dans la carrière brillante qui s'ouvrait devant eux.

Par le genre particulier et surtout par la diversité de leur esprit, Boulton et Watt semblaient avoir été, chacun de son côté, créés tout exprès pour mener à bien une entreprise de cette nature. « M. Watt, dit Playfair, était réservé, studieux, et fuyait le monde; au lieu que M. Boulton était un homme remuant, actif, intelligent, très-répandu dans la haute société, et cependant ennemi des façons et sachant se mettre à l'aise avec les hommes de toutes les classes. Quand M. Watt aurait cherché par toute l'Europe, il n'aurait pu trouver personne aussi propre à produire ses inventions d'une manière aussi digne de leur mérite et de leur importance. Quoique tous deux fussent de mœurs tout à fait différentes, il semblait que le ciel les eût faits l'un pour l'autre, car on ne vit jamais, dans le commerce ordinaire de la vie, plus d'harmonie qu'il n'en régnait entre ces deux hommes (1). »

Le brevet obtenu, Boulton convertit une partie de son établissement de Soho en ateliers consacrés à la fabrication des machines à vapeur. On fit constater par des expériences authentiques, exécutées sous les yeux des propriétaires et des actionnaires des mines, l'économie réalisée par la nouvelle pompe à feu installée à Soho; il fut reconnu qu'à égalité d'effet, elle réduisait des trois quarts la dépense du combustible consommé par la machine de Newcomen. Bientôt, grâce au système établi par Boulton pour l'exécution des différentes pièces mécaniques, plusieurs machines à feu destinées à l'épuisement des mines se trouvèrent construites et prêtes à fonctionner. C'est alors que l'on fut témoin, en Angleterre, d'un phénomène industriel qui probablement ne se reproduira jamais, et qui faisait également honneur à l'audace du spéculateur et au génie du mécanicien. Boulton et Watt ne vendaient pas leurs machines, ils les donnaient à qui voulait les prendre; ils se chargeaient même de les monter et de les entretenir à leurs frais; quant aux anciennes machines de Newcomen, on les prenait à un prix bien au-dessus de leur valeur. Boulton avança de cette manière jusqu'à 47,000 livres sterling (1,175,000 fr.) avant de songer à effectuer une seule rentrée. Toute la redevance qu'il réclamait des propriétaires des mines, c'était *le tiers de la somme annuellement économisée sur le combustible.*

Devant de telles offres, les propriétaires des mines ne pouvaient hésiter longtemps. Les machines de Watt commencèrent à être adoptées dans le Cornouailles, où le prix élevé du charbon les rendait doublement précieuses. Elles se répandirent de là dans la plupart des comtés houillers de l'Angleterre, et les associés commencèrent à réaliser d'importants bénéfices. En effet, la combinaison imaginée par Boulton, avec toutes les apparences d'une générosité exemplaire, avait cependant pour résultat de porter le prix des machines à un prix exorbitant. On en jugera par un exemple. Dans les mines de Chacewater, où l'on employait trois pompes à feu, les propriétaires payaient annuellement à Boulton et Watt, pour le tiers du combustible économisé, la somme de 60,000 fr. (1).

Les propriétaires des mines, qui d'abord avaient accepté cette combinaison avec reconnaissance, ne purent se résigner longtemps à voir les associés toucher des droits si élevés. Ils ne considéraient pas que le tribut qu'ils payaient annuellement n'était que la moitié de la somme qu'ils consacraient autrefois à l'achat du combustible. Ils mettaient de jour en jour plus de répugnance à s'acquitter, et bientôt des procès nombreux vinrent menacer sérieusement le sort de l'entreprise de Boulton. On s'appuyait sur de prétendus perfectionnements apportés aux appareils de Watt, pour se déclarer affranchis de toute redevance; on allait fouiller les bibliothèques pour y découvrir des titres d'antériorité contre lui et demander la déchéance de ses brevets. Le grand argument consistait à prétendre que

(1) *Memoirs by Playfair* (*Monthly Magazine*, 1819.

(1) « Afin d'obtenir, dit Robert Stuart, des données positives pour l'évaluation de cette espèce de tribut, une série d'expériences fut entreprise par des hommes d'une habileté et d'une probité reconnues. Etant donnés la profondeur de la mine, le diamètre des corps de pompe, et le nombre des coups de piston avec une machine quelconque, ordinaire ou perfectionnée, il ne leur restait plus qu'à apprécier l'économie de combustible pendant un certain nombre de coups de piston, et ce prix devenait la base sur laquelle ils établissaient leurs calculs. Pour compter le nombre des coups de piston, on adapta au balancier un petit appareil consistant en un système de roues renfermées dans une boîte disposée de façon que chacun des mouvements ascendants ou descendants du balancier faisait avancer d'un pas les petites roues, ainsi qu'un petit index qui indiquait cette progression. Ce petit appareil s'appelait le *compteur*. Deux clefs seulement pouvaient l'ouvrir, dont l'une restait entre les mains des propriétaires de la machine, l'autre dans celles de MM. Watt et Boulton, qui avaient un commis-voyageur chargé de reconnaître de temps à autre la situation des choses. On ouvrait en présence des deux parties les *compteurs*, et le tribut à prélever se trouvait déterminé par le nombre des coups de piston donnés. Ce prélèvement annuel, toutefois, pouvait être racheté par le payement d'une somme une fois donnée, égale au produit de dix années. Il y avait différentes manières de disposer le compteur et de le faire marcher. » (*Histoire descriptive de la machine à vapeur*, p. 190.)

Watt avait été bien suffisamment rétribué de ses peines, pour un homme qui, en fin de compte, n'avait inventé que des idées. C'est ce qui amena devant le tribunal cette apostrophe d'un avocat : « Allez, Messieurs, allez vous frotter à ces prétendues idées abstraites, à ces combinaisons intangibles, ainsi qu'il vous plaît d'appeler nos machines ; elles vous écraseront comme des mouches, elles vous lanceront dans les airs à perte de vue ! »

Cependant l'imperfection que présentait à cette époque la loi anglaise concernant les brevets laissait une large prise à la mauvaise foi et à la fraude. Il régnait, en outre, dans l'esprit des juges, beaucoup de préventions et de défiance contre les brevetés ; leurs seigneuries déployaient un zèle et une ardeur infatigables pour découvrir des vices de forme dans les brevets de James Watt, et pour chercher dans le texte d'anciennes lois des dispositions opposées à son privilége. Aussi, en dépit de l'évidence de leurs droits, James Watt et Boulton furent-ils battus en cour de justice.

Cet échec était grave ; il redoublait l'audace et les prétentions des plagiaires. Des capitalistes qui n'auraient pas osé enfreindre ouvertement les brevets de James Watt, encouragés par ce premier succès, s'employaient activement à faire délivrer à des hommes sans crédit des brevets nouveaux spécifiant quelque modification insignifiante; puis, armés de ces pièces suspectes, ils venaient battre en brèche, devant le tribunal, les réclamations des associés. Ces difficultés chaque jour renaissantes, et qui devenaient de plus en plus compliquées, auraient été de nature à déconcerter un autre homme que James Watt. Mais il était sorti vainqueur, durant sa vie, de combats plus difficiles, il ne recula pas devant ces luttes nouvelles. Il se décida à abandonner pour quelque temps la surveillance de ses ateliers, et alla à Londres mener, au milieu des gens d'affaires et des hommes de justice, l'existence agitée du plaideur. Pendant huit années consécutives, le génie du grand mécanicien fut détourné de ses voies naturelles, et dans ce long intervalle il eut, malheureusement pour nous tous, le temps de devenir un légiste accompli. Le succès vint enfin couronner ses efforts; mais l'heure de la justice avait été longue à sonner. Ce ne fut qu'en 1799, trente-cinq ans après ses premières découvertes, que, libéré définitivement par une décision de la cour du roi, il fut remis en possession entière de son privilége. Seulement, comme le terme de son brevet expirait l'année suivante, cette satisfaction était presque dérisoire. C'est ce qui faisait dire gaiement à James Watt qu'il se félicitait d'habiter un pays dans lequel il ne faut que trente-cinq ans de discussion et une douzaine de procès pour assurer à un citoyen la récompense de son travail.

Vers l'année 1776, à peu près déchargé du trop long ennui des contestations judiciaires, James Watt put revenir à ses travaux accoutumés, et dès lors il se voua sans réserve à la solution du problème capital qui depuis plusieurs années ne cessait de se poser dans son esprit. La machine à vapeur n'avait été jusque-là consacrée qu'à l'épuisement de l'eau dans les mines ; il voulait transformer la puissance dont il s'était rendu maître en un moteur susceptible de recevoir toutes les applications que peut exiger l'industrie : il avait créé la *pompe à feu*, il fallait créer un moteur universel. Ce grand problème, son génie devait le résoudre de la manière la plus absolue dans son principe général et dans ses détails les plus délicats, grâce à une série de découvertes nouvelles dont il nous reste à exposer les éléments.

On a vu que dans la machine *à simple effet* (col. 343) dans laquelle James Watt substituait à la pression atmosphérique la seule puissance de la vapeur, l'action motrice ne s'exerce réellement que pendant l'élévation du piston ; l'oscillation descendante est simplement déterminée par le contre-poids attaché au balancier qui fait retomber le piston, lorsque la pression de la vapeur est rendue égale sur ses deux faces. Il y avait donc dans le jeu de cette machine une interruption d'action très-manifeste. Cet inconvénient n'avait qu'une faible importance quand il ne s'agissait que d'élever les eaux ; l'exploitation des mines pouvait parfaitement se contenter de ces dispositions. Mais, pour l'application de la machine à vapeur à tous les usages de l'industrie, ce défaut n'était aucunement tolérable. Le travail égal et continu des manufactures exigeait que la force motrice pût s'exercer aussi bien pendant l'ascension que pendant la chute du piston ; il fallait obtenir de la machine une continuité d'effet. Watt parvint à atteindre ce résultat important par un moyen des plus simples. Au lieu de se borner à faire agir la vapeur sur la tête du piston, il la dirigea alternativement au-dessus et au-dessous de celui-ci, de manière à provoquer par la seule action de la vapeur son élévation et sa chute. Il établit les communications entre le cylindre et le condenseur, de telle sorte que la vapeur contenue dans la capacité située au-dessus du piston, s'écoulait dans le condenseur au moment même où le piston était arrivé au bas de sa course ; dès lors la vapeur arrivant au-dessous du piston pour le soulever ne rencontrait aucune résistance capable de contrarier son effet, puisque, par suite de la condensation de la vapeur qui remplissait naguère la partie supérieure du cylindre, un vide parfait existait dans cette capacité. Cette nouvelle disposition de la machine à vapeur rendait son mécanisme parfait ; les contre-poids énormes que l'on avait employés jusque-là pour équilibrer le piston devenaient ainsi inutiles, et, pour la première fois, on put débarrasser la machine de ces lourdes masses qui formaient le balancier de Newcomen. On put également faire disparaître les quantités considérables de fer ou de bois que l'on employait dans la construction de certaines pièces de la machine

pour adoucir ses mouvements. La *machine à double effet* exécute dans le même temps le double d'ouvrage que la machine à simple effet; mais elle dépense deux fois plus de vapeur. L'avantage réside donc uniquement dans la succession plus rapide de ses effets, circonstance de la plus haute utilité, lorsque la machine est destinée à servir de moteur d'une application universelle.

Pour tirer parti de la force motrice développée par la machine à vapeur ainsi modifiée, il fallait de toute nécessité adopter une manière particulière de communiquer au balancier le mouvement du piston. Il est facile de comprendre, en effet, que le moyen employé dans la machine de Newcomen, dans laquelle la vapeur n'imprime qu'une impulsion de haut en bas, ne pouvait s'appliquer à la machine à double effet, qui fournit une impulsion de haut en bas et de bas en haut. Dans la machine de Newcomen, deux chaînes de fer, fixées à ses deux extrémités, suffisaient pour mettre le balancier en jeu. Dans l'oscillation descendante, le piston tirait le balancier par le secours de la chaîne; dans l'oscillation ascendante, c'était le balancier ou son contre-poids qui, au moyen de la seconde chaîne, faisait remonter le piston. Mais, dans la machine à double effet, la pesanteur n'entre pour rien, c'est la vapeur seule qui fait monter et descendre le piston. Il fallait donc imaginer un autre procédé pour communiquer au balancier les deux mouvements ascendant et descendant; il fallait, pour cela, faire coïncider le mouvement de l'extrémité du balancier qui décrit un arc de cercle avec le mouvement rectiligne de la tige du piston.

Dans ses premières machines, Watt s'était contenté de garnir la partie de la tige du piston qui s'élève au dehors du corps de pompe d'une série de dents qui engrenaient dans une roue dentée. Cette sorte de crémaillère constituait le procédé le plus simple pour transmettre le mouvement; mais, indépendamment de son peu d'élégance, elle ne manœuvrait qu'avec grand bruit et était sujette à se déranger, surtout quand on voulait imprimer au mouvement une seconde direction. Watt remplaça ce mécanisme élémentaire par un appareil plus compliqué et qui porte le nom de *parallélogramme articulé*.

La force une fois commodément transmise au balancier, il fallait s'occuper de transformer le mouvement de *va-et-vient* de ce balancier en un mouvement de rotation propre à faire marcher une roue et à s'adapter, par conséquent, à tous les usages auxquels un moteur peut être consacré. Le mécanicien Stewart avait tenté, sans y réussir, d'employer dans cette vue des roues à rochet. Watt résolut le problème d'une manière beaucoup plus heureuse, par une simple application de la manivelle du rémouleur. « Des nombreux projets, dit James Watt, qui me passèrent par la tête, aucun ne me parut si propre à me conduire au but que je me proposais d'atteindre, que l'application d'une simple manivelle dans le genre de celle dont se sert le rémouleur, et qu'il fait mouvoir avec le pied : invention de grand mérite, et dont on ne connaît ni la date ni le modeste inventeur. »

L'appareil imaginé par Watt pour appliquer la manivelle du rémouleur à la transformation du mouvement rectiligne de la tige du piston en un mouvement rotatoire, donna les meilleurs résultats. Mais il arriva que l'un de ses concurrents, M. Wasbrough, en eut connaissance par suite de l'infidélité d'un ouvrier, et qu'il s'empressa de prendre un brevet spécifiant l'application de la manivelle au mécanisme de la machine à vapeur. Watt avait jugé inutile de prendre un brevet pour un moyen connu depuis un temps immémorial et qui se trouve employé dans tous les rouets des fileuses et dans toutes les roues des rémouleurs. Il aurait sans peine prouvé judiciairement que l'on ne pouvait interdire à personne l'usage d'un artifice aussi banal. Il trouva plus simple d'arriver au même but par une autre voie, et il inventa l'appareil connu en Angleterre sous le nom *du soleil et des planètes*, assemblage de roues dentées qui réalise un mouvement rotatoire. Mais cet appareil, délicat à construire, coûteux et sujet à se déranger, fut abandonné par Watt dès que l'expiration du brevet de Wasbrough lui permit de revenir à l'emploi de la manivelle.

Une force considérable et une continuité d'effet ne sont pas les seules conditions que doit réunir une machine destinée à devenir d'un usage général comme moteur. Pour la plupart des industries auxquelles elle doit s'appliquer, la régularité, l'égalité d'action sont tout aussi importantes que l'intensité de la force. Or, tout le monde voit que l'effet mécanique produit par la machine à vapeur présente une irrégularité excessive. Le degré de sa puissance dynamique dépend en effet du nombre de coups de piston qu'elle frappe dans un temps donné; or, ceux-ci varient nécessairement selon que le feu est activé ou ralenti dans le foyer. Une force qui s'engendre par des pelletées de charbon jetées sous une chaudière doit naturellement présenter dans son intensité les plus grandes variations. C'est à ce défaut si grave qu'il importait de parer. Rien de plus aisé à comprendre que les simples et admirables dispositions que le génie de Watt imagina pour y porter remède.

Admettons que, dans l'intérieur du tuyau destiné à introduire dans le cylindre la vapeur fournie par la chaudière, on dispose une sorte de soupape ou plaque métallique mobile, susceptible de fermer ce tuyau ou de le laisser ouvert, de manière à suspendre ou à rétablir à volonté la communication entre la chaudière et le cylindre; selon que cette plaque mobile sera plus ou moins ouverte, une quantité de vapeur plus ou moins grande sera admise dans le corps de pompe : cette soupape donnera donc le moyen de modérer et de régler le jeu de la machine, puisque, en augmentant ou en diminuant la quantité de vapeur qui arrive dans le cylindre, elle aura pour effet d'augmenter ou de

diminuer le nombre des coups de piston. Cette soupape, Watt est parvenu, par un artifice des plus ingénieux, à la faire manœuvrer par la machine elle-même ; de telle sorte que, lorsque les mouvements du piston sont trop précipités, la machine ferme en partie cette soupape et réduit ainsi la quantité de vapeur introduite ; si, au contraire, les coups de piston se ralentissent, elle dilate la soupape, et, admettant ainsi dans le cylindre une plus grande quantité de vapeur, elle augmente, dans la proportion nécessaire, l'intensité des effets mécaniques. L'appareil qui sert à obtenir ce curieux et remarquable effet était désigné par James Watt sous le nom de *gouverneur*. Il en trouva l'idée dans un petit mécanisme employé depuis longtemps dans les moulins à farine pour écarter ou rapprocher les meules et régulariser ainsi leur mouvement.

Telle est l'efficacité de ce curieux mécanisme, que, selon M. Arago « on voyait, il y a peu d'années, à Manchester, dans la filature de coton d'un mécanicien de grand talent, M. Lee, une pendule mise en action par la machine à vapeur, et qui marchait, sans trop de désavantages, à côté d'une pendule ordinaire à ressort. »

La dernière des découvertes de Watt est relative à l'emploi de la détente de la vapeur, conception des plus remarquables, dont l'honneur revient tout entier au célèbre mécanicien, bien qu'il n'en ait jamais tiré lui-même un parti étendu. Quelques explications sont nécessaires pour bien comprendre en quoi consiste le phénomène de la détente de la vapeur, qui fournit dans les machines modernes les résultats les plus remarquables sous le rapport de l'économie.

Si le robinet qui sert à introduire la vapeur dans le cylindre reste ouvert pendant toute la durée du mouvement ascendant ou descendant du piston, celui-ci arrivera à l'extrémité de sa course avec une vitesse toujours croissante, et qui aura pour résultat d'imprimer à toutes les pièces de la machine un choc et un ébranlement fâcheux. Mais si, au lieu de laisser le robinet d'admission ouvert pendant toute la durée de l'oscillation du piston, on le ferme lorsque celui-ci est parvenu seulement au tiers ou à la moitié de sa course, la quantité de vapeur ainsi introduite suffira pour produire le refoulement du piston, car la vapeur, se dilatant dans le vide à la manière d'un gaz, continuera de presser le piston, qui, en raison d'ailleurs de sa vitesse acquise, arrivera aisément à l'extrémité de sa course. Ainsi une moindre quantité de vapeur sera employée pour faire marcher la machine. En agissant de cette manière, la vapeur ne pourra pas évidemment produire un effet dynamique aussi puissant que si elle agissait à pleine pression pendant toute la durée de la course du piston, mais aussi la quantité de vapeur dépensée ne sera que la moitié ou le tiers de celle qu'on aurait employée en opérant à pleine pression. Pour reconnaître si cette disposition présente des avantages, il suffit donc de savoir si, par ce moyen, la dépense du combustible est réduite dans un plus grand rapport que l'effet produit. Or, c'est ce que l'expérience a parfaitement établi.

L'emploi de la vapeur avec détente, introduit depuis quelques années dans la plupart de nos machines, a permis de réaliser une économie considérable de combustible, et, selon M. Arago : « de très-bons juges placent la détente, quant à la dépense économique, sur la ligne du condenseur. » Cependant Watt ne l'a utilisée que vers 1782, dans un petit nombre de machines, et son objet principal, dans l'emploi de ce moyen, était seulement de modérer la vitesse de la chute du piston, et de rendre uniforme le mouvement accéléré qui lui est propre lorsque la vapeur agit à pleine pression.

Par cette belle série de découvertes, dont aucune n'avait été le produit du hasard, mais qui résultaient toutes de persévérantes recherches, Watt avait donc définitivement résolu ce grand problème du moteur universel tant cherché depuis un siècle. Un simple ouvrier mécanicien, sans fortune et sans études, s'emparant d'une machine imparfaite, et qui depuis cinquante ans fonctionnait sans progrès notable, l'avait transformée en un agent moteur d'une force presque sans mesure et d'une application illimitée. En raison du principe sur lequel elle repose, sa puissance motrice était incalculable ; grâce aux artifices employés pour en modérer et en régulariser l'action, elle pouvait servir aux usages les plus variés et les plus délicats. Aussi quelques années suffirent pour couvrir de ces précieux appareils le sol de l'Angleterre. Dans les grands centres manufacturiers, tels que Birmingham, Manchester, Liverpool, etc., la machine à vapeur fut appliquée au cardage de la laine et du coton, à la fabrication des draps et de tous les tissus de fil, de coton ou de soie. Par son secours, l'importante industrie des mines de houille ne tarda pas à étendre ses bénéfices dans une proportion extraordinaire. Elle fut ensuite employée dans les usines métallurgiques, à marteler, laminer le fer, le cuivre et le plomb, à étirer en fil le fer et l'acier ; on l'appliqua à tous les travaux hydrauliques, au sciage mécanique du bois, à la fabrication du papier, de la porcelaine et de la faïence, à l'impression des livres, à la préparation et au broiement des couleurs destinées à la teinture ; en un mot, à presque toutes les branches de l'industrie britannique.

Un chiffre suffira pour faire connaître l'économie prodigieuse que l'emploi de la machine à vapeur permit de réaliser dans les opérations industrielles. Selon M. Arago, un boisseau de charbon, brûlé dans les machines à vapeur du Cornouailles qui fonctionnent avec la détente, produit l'ouvrage de vingt hommes travaillant dix heures. Or, dans les comtés houillers de l'Angleterre,

un boisseau de charbon coûte environ 90 centimes. La machine de Watt permettait donc, en Angleterre, de réduire le prix d'une journée d'homme, de la durée de dix heures, à moins d'un sou de notre monnaie. Après un tel résultat, on est moins surpris d'apprendre que, suivant des relevés authentiques, les machines à vapeur qui existent aujourd'hui en Angleterre remplacent à elles seules le travail de trente millions d'hommes.

MACHINE PNEUMATIQUE. *Voy.* MACHINES A VAPEUR.

MAGNÉTISME. — On appelle ainsi la propropriété que possède l'aimant (*Voy. ce mot*) d'attirer le fer, ainsi que l'ensemble des phénomènes qui en résultent. D'après ce que nous avons dit des différentes formes qu'affecte le fluide électrique (*Voy.* AIMANT, BOUSSOLE, ELECTRICITÉ, GALVANISME. — *Voy.* aussi PILES ÉLECTRIQUES), il ne nous reste plus qu'à donner quelques notions sur le fluide particulièrement appelé magnétique. Nous ne saurions être plus clairs et plus concis qu'en empruntant les lignes qui vont suivre à l'*Encyclopédie des gens du monde*.

Les causes du magnétisme nous sont encore inconnues. Descartes, Euler, Bernouilli, etc., supposaient une matière se mouvant en tourbillons dans l'aimant. Æpinus reconnaît une seule matière magnétique, dont les parties se repoussent entre elles, et sont attirées par le fer et par l'acier. Elle est partout uniformément répandue, et se trouve accumulée dans le fer. Dans l'aimant, elle est en excès d'un côté, ce qui donne un magnétisme positif; et elle manque de l'autre, ce qui produit un magnétisme négatif. Wilke et Brugmann admettent deux matières magnétiques, qui s'attirent entre elles, tandis que les particules de chacune d'elles se repoussent mutuellement : ces deux matières se trouvent combinées dans le fer. Dans l'aimant, elles sont séparées, et chacune d'elles est accumulée vers un des côtés. Cette dernière hypothèse, qui explique le mieux certaines analogies du magnétisme avec l'électricité, semble corroborée par quelques expériences de Coulomb, et permet d'en réunir tous les principes. Ampère a démontré que tous les phénomènes du magnétisme s'expliquent par la théorie de l'électricité.

On considère la terre comme un grand aimant qui a ses pôles opposés, de sorte que l'extrémité d'une aiguille aimantée qui se dirige vers le pôle nord ou pôle boréal en est le pôle dissemblable ou son pôle austral, tandis que le pôle boréal de l'aiguille est attiré par le pôle sud ou austral de la terre. En admettant cette puissance propre au globe terrestre, soit qu'on la considère comme inhérente aux conditions de son existence, soit qu'on prétende qu'elle résulte d'immenses courants électriques qui auraient lieu dans son sein et qui seraient dirigés de l'est à l'ouest perpendiculairement au méridien magnétique; en admettant, disons-nous, l'existence du *magnétisme terrestre*, on comprend sans peine la marche des deux aiguilles aimantées connues sous les noms d'*aiguille de déclinaison* et d'*aiguille d'inclinaison*. La première, en effet, se maintient sans cesse dans la position qu'on lui connaît et qui indique la direction du *méridien magnétique* du lieu où l'on se trouve, parce que ses pôles sont attirés par les pôles de noms contraires de la terre, tandis que la seconde, horizontale dans une série de points qui sont à peu près parallèles à l'équateur, et qu'on nomme l'*équateur magnétique*, va sans cesse en s'inclinant au fur et à mesure qu'on se rapproche des pôles de la terre. De même que la série des points où l'aiguille d'inclinaison reste horizontale constitue l'équateur magnétique, de même aussi les points au nord et au sud, où cette aiguille serait perpendiculaire, devraient être considérés comme les pôles magnétiques de la terre. Mais, il faut le dire, malgré les explorations de hardis voyageurs français et étrangers, parmi lesquels nous devons nommer les capitaines Parry, Philips, Freycinet, Duperrey, Bollaville, Dumont-d'Urville; malgré les nombreuses recherches de savants les plus distingués, les de Humboldt, Arago, Gay-Lussac, Wilke, Morlet, tous ces points sont encore mal déterminés.

L'action magnétique du globe paraît s'étendre à de grandes distances sans perdre de son énergie. M. Gay-Lussac, à 7,000 ^{m} de hauteur, l'a trouvée la même qu'à la surface du globe. Mais on a depuis fait remarquer que dans cette expérience il n'avait pas été tenu compte des différences de température, et il est prouvé aujourd'hui qu'une aiguille oscille d'autant plus vite que la température est moindre. M. de Humboldt a parfaitement établi que l'intensité magnétique va en croissant quand on s'avance de l'équateur magnétique vers les pôles, et ses observations ont été confirmées par celles des savants que nous avons déjà nommés, auxquels il faut ajouter les noms du capitaine Sabine et de MM. Ad. Erman et Kupffer.

L'intensité magnétique du globe est sujette à d'autres variations que celles qui résultent de la situation géographique des lieux; les unes sont annuelles, d'autres diurnes, et enfin il en existe d'instantanées qui s'observent dans le même moment en un grand nombre de lieux à la fois : telles sont, pour ces dernières, celles que produisent l'apparition d'une aurore boréale, un tremblement de terre. L'action magnétique du globe se manifeste encore dans bien d'autres circonstances, soit naturelles, soit expérimentales. Ainsi, c'est elle qui fait prendre une direction perpendiculaire à celle de l'aiguille aimantée à un conducteur rectangle dans lequel on établit un courant électrique. C'est cette même influence qui communique les propriétés de l'aimant à tous les objets en fer ou en acier dont nous nous servons. Nos pelles, nos pincettes sont dans ce cas, ainsi que les limes, les ciseaux, etc.; et, si l'on présente à ces objets une petite aiguille aimantée, on les verra attirer une de ses extrémités et repousser l'autre. Un barreau d'a-

cier placé dans la position qu'affecte l'aiguille d'inclinaison dans nos latitudes s'aimante assez rapidement, et ses pôles sont disposés comme ceux de cette aiguille. Le phénomène se produit plus promptement, avec plus d'énergie et d'une manière plus durable, si l'on frappe à petits coups l'une des extrémités du barreau. On renverse les pôles de ce nouvel aimant en faisant prendre au barreau nouvellement aimanté une position inverse de la première, et en répétant la même manœuvre sur l'autre extrémité.

MAGNÉTISME ANIMAL. — Cette découverte, vraie ou prétendue, mais, en tout cas, fort exagérée et qui semble aujourd'hui trop abandonnée au charlatanisme, remonte à Mesmer. Il s'agit d'une action puissante que la volonté d'un homme exercerait sur celle d'un autre sans le secours d'aucun intermédiaire physique perceptible aux sens. C'est une sorte de science occulte dans laquelle se classent beaucoup de phénomènes non encore expliqués ou même imparfaitement prouvés, tels que la fascination exercée par certains serpents sur des oiseaux, etc. Des hommes instruits, des savants recommandables dont la bonne foi ne saurait être mise en doute, se sont efforcés, depuis plus d'un demi-siècle, à amener le mesmérisme à l'état de science, sans avoir pu y parvenir. En Prusse, l'administration, après avoir ouvert des chaires publiques de magnétisme animal et favorisé de tout son pouvoir l'étude de ce système, a vu ses partisans et ses professeurs mêmes renoncer, après dix ans d'efforts, à retirer le moindre fruit de leurs observations, de leurs recherches, de leurs innombrables expériences.

Malgré ce peu de succès, le magnétisme animal a encore parmi nous de nombreux sectateurs, qui, s'appuyant, il est vrai, sur quelques phénomènes difficiles à mettre en doute, plus difficiles encore à expliquer, persistent à tenter d'introduire dans le cadre des sciences naturelles une théorie où l'imagination semble régner en dehors de la science des faits et de la raison éclairée.

Cette théorie mystérieuse, qu'il ne nous est pas nécessaire de développer ici, l'art de guérir surtout s'en est emparé. Nous allons laisser parler un de ses plus zélés propagateurs, M. le baron du Potet. On trouvera dans son travail à peu près tout ce qui concerne la théorie et l'application du magnétisme animal, exposé par un homme convaincu autant qu'il est permis de l'être dans cet art conjectural qu'on nomme la médecine.

« On donne le nom de magnétisme animal à l'influence occulte que les corps organisés exercent à distance l'un sur l'autre. Le moyen ou véhicule de cette action n'est point une substance qui puisse être pesée, mesurée, condensée : c'est une force vitale, dite fluide ou agent magnétique, que chaque organisation recèle, et que tout être peut émettre.

« Douée de propriétés éminemment curatives, elle est susceptible d'une application raisonnée au traitement des maladies.

« Sans rechercher à qui la découverte en est due, sans nous préoccuper, avec quelques auteurs, de la question de savoir si, sous d'autres noms, l'Inde, l'Égypte, la Grèce, le monde romain, les Arabes et le moyen âge en ont possédé la connaissance, voici les faits physiques qui prouvent manifestement son existence. Ils sont indépendants de toutes causes étrangères ou forces connues jusqu'à ce jour.

« *Action sur des enfants.* — Il n'est aucun enfant endormi, qui, magnétisé cinq ou dix minutes au plus, ne manifeste suffisamment le changement qui s'opère dans l'état habituel de son existence.

« Pour obtenir cette modification dans sa manière d'être, voici comment je procède :

« Me plaçant à un pied de distance de l'être que je veux impressionner, je promène mes mains successivement sur toute la surface du corps, sans déranger les couvertures ; puis, cessant ces mouvements ou passes au bout d'un certain temps, j'approche un doigt d'une surface nue ou couverte, et, sans contact aucun, j'y détermine de légères contractions musculaires. De petits mouvements convulsifs se manifestent dans les doigts, si c'est la main que j'actionne, et souvent même tout le corps participe à ce commencement de magnétisation.

« Si je dirige sur la tête la force que je suppose en moi, le sommeil devient plus intense. Si j'ai choisi la poitrine comme point d'expérience, la respiration devient laborieuse, et la gêne commence sans que les contractions que je viens de signaler cessent de se manifester par instants.

« En insistant davantage sur la surface totale du corps, de légères secousses, simulant de faibles décharges électriques, ne tardent pas à se produire visiblement, ostensiblement, et l'enfant est éveillé indubitablement par l'agitation qu'il éprouve.

« Si, ceci fait, je le laisse retomber dans son état primitif, à cinq ou dix pas de distance, je reproduis la même chose en me servant des mêmes procédés. Enfin, si pour détruire toute incertitude, lever tout doute, je placé un corps quelconque entre moi et l'enfant, l'effet n'est en rien modifié.

« Cette force, ainsi mise à jour, ne peut plus être contestée. Néanmoins, voyons d'autres preuves.

« *Action sur des hommes endormis.* — Le système nerveux d'un enfant pouvant être impressionné par des agents d'une faible puissance, essayons sur des hommes faits placés dans les mêmes circonstances, c'est-à-dire en état de sommeil naturel.

« Je trouve qu'il n'en est encore aucun qui n'éprouve, presque dans le même laps de temps, des effets absolument identiques, c'est-à-dire frémissement des muscles, secousses, gêne dans la respiration, sommeil plus profond ou réveil subit, selon l'organe actionné. J'ai rarement rencontré quelque

être humain endormi sans essayer sur lui l'action du magnétisme, et, dans plus de mille expériences de ce genre que j'ai faites en ma vie, les phénomènes nerveux ont toujours apparu de la même manière.

« Dans l'ivresse, la syncope, où tout se passe à l'insu du patient, comme dans le sommeil, les phénomènes se manifestent aussi de la même manière et avec le même caractère. Cela ne suffit pas encore, suivons.

« *Action sur des animaux.* — Le chien, le chat, le singe et quelques autres animaux ont été magnétisés, soit endormis soit éveillés : on observe sur eux les mêmes effets que sur les hommes dans les cas qui précèdent. Le cheval même, qu'on pourait supposer difficile à émouvoir à cause de sa masse relative, est sensible, et son système nerveux s'émeut au bout d'un instant.

« *Action sur des êtres éveillés.* — Enfin, si je prends un individu sain bien éveillé, et que je le soumette à l'influence des mêmes procédés, quelle que soit sa force ou sa faiblesse physique, voici les modifications physiologiques que subira son être.

« D'abord, le pouls augmente de force et de fréquence, ou diminue dans les mêmes rapports, malgré le repos du corps ; car je suppose le patient assis. Les pulsations ne restant pas au même degré, la chaleur varie ; les yeux deviennent brillants, vitreux ; la sensibilité s'exalte ; souvent il survient une transpiration abondante, comme aussi une grande prostration de forces, et le corps obéit aux lois de la pesanteur. A ces phénomènes se joignent souvent ceux que nous avons observés sur des êtres endormis ; quelquefois même ils acquièrent un développement extraordinaire. L'incrédulité empêche-t-elle la manifestation de ces phénomènes ? Dans ces cas, les effets varient un peu en intensité et en temps, parce que l'individu est éveillé, que son imagination travaille, qu'il est dans des conditions où le corps ne peut obéir avec régularité à l'action d'un agent contrarié par une volonté souvent puissante, parce qu'enfin il n'y a pas passiveté, et que le magnétisme doit subir la loi de la plupart des agents de la nature, dont l'homme a, jusqu'à un certain point, la possibilité de contrarier, et souvent même de paralyser les effets.

« *Effets profonds et tardifs.* — Est-il des êtres qui n'éprouvent absolument rien ? Je ne le pense pas ; car, ayant fait des expériences extrêmement nombreuses sur des gens de tous les pays et de tous les tempéraments, autant que j'ai pu le constater, quand le magnétisé assurait n'avoir rien senti, il se trouvait dans le cas d'un homme qui, ayant bu une dose de vin qui ne lui a pas troublé la raison, soutient que ce liquide ne grise pas.

« Le magnétisme n'est jamais vainement introduit dans l'organisme : il y produit toujours un effet. Si vous avez affaire à un magnétisé de bonne foi et capable de bien observer, disant n'avoir rien senti ou accusant seulement quelques effets obscurs, vagues, ne le démagnétisez pas. Il arrivera en dehors de vous de l'insomnie ou un sommeil plus prononcé qu'habituellement, quelquefois aussi une exaltation de la sensibilité.

« Des sécrétions abondantes et inaccoutumées viennent, d'ailleurs, attester l'action du magnétisme, et même sans cela le physiologiste pourrait constater un grand nombre d'effets résultant d'une cause légère en apparence. Le magnétiseur, de son côté, peut y constater l'augmentation du travail médicateur. J'ai vu ainsi apparaître presque subitement, à la suite de mes expériences, des affections de la peau qui n'attendaient, sans doute, pour se manifester, qu'un surcroît de ton, un excitant de la sensibilité.

« Mais ce n'est pas tout, nous avons bien d'autres faits à révéler en poursuivant cette étude.

« *Expérimentation sur des malades.* — Prenant un malade au hasard, car il n'est pas encore question du traitement des maladies, mais du rôle que le magnétisme joue comme agent physique sur les malades, nous allons mettre sous les yeux du lecteur l'ensemble des phénomènes observés, comme si nous les voyions sur un seul ; plus tard nous essayerons de dire ce qui est propre à chacun d'eux.

« Disons d'abord qu'il n'est pas facile de constater l'action magnétique lorsqu'elle est douce et tempérée, lorsqu'elle est exercée par un être faible, lorsqu'enfin on s'adresse à une maladie chronique très-ancienne ou à une affection aiguë très-grave.

« 1° *Dans les affections chroniques.* — Légère chaleur, respiration plus marquée, yeux plus animés, sentiment de bien-être inaccoutumé, pandiculations, bâillements, réveil de douleurs anciennes, calme de celles présentes, qui quelquefois s'exaltent, mais c'est le plus rarement ; besoin d'expectorer s'il y a quelque altération de la poitrine ; disposition au sommeil ; envie d'uriner ; s'il y a un émonctoire, le malade y sent des picotements, de la démangeaison ; s'il y a eu fracture des membres ou quelque solution de continuité, il peut constater en cet endroit un travail singulier, quelque chose qui lui rappelle le dérangement dont ces parties ont été le siége, et les douleurs qu'il y a endurées.

« Quelquefois la peau devient moite, les extrémités brûlantes, la salive abondante ; dans d'autres cas, c'est le besoin de boire que le malade éprouve. Quelquefois la magnétisation augmente le mal et replace l'individu dans l'état aigu ; c'est le plus favorable des symptômes. Tout cesse bientôt, et le patient qui, avant l'opération, ne ressentait aucun des symptômes que nous décrivons, retombe dans son état habituel, jusqu'à ce qu'une nouvelle magnétisation soit pratiquée.

« 2° *Dans les affections aiguës.* — Ici l'analyse est difficile à faire ; les effets varient à l'infini, selon le genre de maladie, la gravité des symptômes, les remèdes déjà pris et le moment que vous avez choisi pour agir. Mais

il en est un général, c'est la cessation presque subite des affections secondaires ou sympathiques.

« Si la circulation est accélérée, le pouls petit, irrégulier, la circulation se modère, le pouls devient plus plein, moins fréquent, ne fût-ce que pour un instant. La peau sèche cesse de l'être, mais pour un instant aussi. S'il y a des vomissements, ils peuvent s'arrêter ; le sommeil peut venir également lorsque le malade n'en éprouvait pas le moindre symptôme ; mais s'il n'est pas seulement somnambulique, il cesse aussitôt que les forces du magnétiseur diminuent.

« Disons maintenant quels sont les principes qui nous dirigent, nos procédés, notre manière d'expérimenter, notre méthode enfin.

« *Méthode.* — Lorsque le patient peut s'asseoir, nous le mettons sur un siége, et nous nous plaçons en face de lui, sans le toucher; plus tard on saura pourquoi nous restons debout, ou si nous nous asseyons, nous tâchons toujours d'être sur un siége un peu plus élevé que le sien, de manière que les mouvements du bras que nous avons à faire ne deviennent pas trop fatigants.

« Lorsque le malade est couché, nous nous tenons debout près de son lit, et l'engageons à s'approcher de nous le plus possible. Ces conditions remplies, nous nous recueillons un instant et nous considérons le malade. Lorsque nous jugeons que nous avons la tranquillité, le calme d'esprit désirable, nous portons une de nos mains, les doigts légèrement écartés et sans être tendus ni roides, vers la tête du malade; puis, suivant à peu près une ligne droite, nous la descendons ainsi jusqu'au bassin et répétons ces mouvements (passes) d'une manière identique pendant un quart d'heure environ, en expectant avec soin les phénomènes qui se développent.

« Notre pensée est active, mais n'a encore qu'un but : celui de pénétrer les parties sur lesquelles nous promenons nos extrémités (quand un bras est fatigué, il est essentiel de se servir de l'autre) de l'émission d'un fluide que nous supposons partir des centres nerveux, et suivre le trajet des conducteurs naturels, les bras, et par suite les doigts. Je dis supposons, quoique pour nous ce ne soit point une hypothèse : notre volonté met bien évidemment en mouvement un fluide. Il se dirige et descend en suivant la direction des cordons nerveux jusqu'à l'extrémité des mains, franchit cette limite, et va frapper les corps sur lesquels on le dirige.

« Nous considérant donc comme une machine physique et agissant en vertu des propriétés que nous possédons, nous promenons sur les trois cavités splanchniques, crâne, poitrine et abdomen, nos membres supérieurs, comme conducteurs de l'agent dont le cerveau paraît être le réservoir, en ayant soin que des actes de volonté accompagnent nos mouvements.

« Nous avons toujours l'intention que les émissions du principe soient régulières, et jamais nos bras, nos mains, ne sont en état de contraction ; ils doivent avoir toute leur souplesse pour accomplir sans fatigue leur fonction de conducteurs de l'agent.

« Si les effets qui résultent ordinairement de cette pratique n'ont pas eu lieu promptement, nous nous reposons un peu ; car nous avons remarqué que la machine magnétique humaine ne fournit pas d'une manière continue et selon notre volonté la force que nous exigeons d'elle. Après cinq ou dix minutes de repos, nous recommençons les mouvements de nos mains (passes), comme précédemment, pendant un nouveau quart d'heure, et nous cessons tout à fait, pendant que le corps du patient est saturé du fluide que nous supposons avoir émis.

« Cette pratique si simple, si facile à suivre, si inoffensive en apparence, fournit pourtant la matière des plus grands résultats.

« *Règles générales.* — Dans toutes les maladies accompagnées de paroxysme ou de redoublement, et elles sont nombreuses, l'application du magnétisme doit précéder l'accès.

« Dans les fièvres intermittentes, par exemple, il faut que la magnétisation précède de deux heures au moins l'accès fébrile, et dans les cas où vous n'avez que de courts instants, il faut profiter du peu de temps qui vous est laissé.

« Soyez assuré que, dans ces cas, vous ne ferez que peu de chose si vous attendez que le trouble ait pris tout son développement. Dans cet état, il n'est laissé que peu de prise au magnétisme ; car l'activité qui existe dans la circulation est un obstacle à vos efforts. Au lieu que si cette effervescence ne fait que se préparer, ou bien que les matériaux de la fièvre soient en repos, vous en dérangez à coup sûr les dispositions, les combinaisons, si je puis dire. Vous avancez ou retardez l'invasion. Ce premier pas fait, vous êtes bientôt maître du mal.

« Dans la plupart des affections nerveuses, et surtout dans l'épilepsie, l'hystérie, la catalepsie, etc., où vous n'êtes pas prévenu de l'arrivée des accès, il faut les faire apparaître, et vous le pouvez dans beaucoup de circonstances, comme je l'indiquerai tout à l'heure.

« Dans toutes les affections où, par des causes naturelles ou maladives, la sensibilité est vivement excitée par le magnétisme, c'est par doses infiniment petites que vous devez procéder ; je n'excepte qu'un cas, celui où le malade lui-même, en somnambulisme, vous engage à poursuivre. J'ai vu quelques malades se plaindre avec raison de l'inhabileté de leurs magnétiseurs, qui, de bonne foi, croyaient bien faire, mais agissaient trop.

« Dans les cas désespérés, ne craignez rien, marchez ; la vie s'en va, donnez des forces ; cinq, six heures de magnétisation, si vous le pouvez. Reposez-vous, recommencez ensuite ; de cette manière, des crises salutaires bien au-dessus des ressources de la nature

seule se produiront sous vos efforts, et la vie que vous aurez versée rattachera au corps du moribond celle qui, effrayée des désordres qu'elle s'était en vain efforcée de détruire, abandonnait la lutte et quittait le domicile qu'un feu intérieur minait sourdement et qui menaçait ruine.

« Dans toutes les maladies passées à l'état chronique, une heure de magnétisation suffit pour un laps de temps d'au moins dix heures. Ordinairement on laisse vingt-quatre heures, et l'observation prouve que cela suffit; mais en laissant moins d'intervalle, le travail médicateur est plus sensible et la guérison plus prompte.

« Dans les affections scrofuleuses et lymphatiques, vous ne pouvez craindre de trop magnétiser; c'est un terrain froid qu'il faut échauffer, et, lorsqu'il y a des désordres tels que tumeurs blanches, engorgements des glandes, etc., etc., vous ne ferez rien avec quelques minutes de magnétisation; c'est par mois qu'il faut compter, et avoir une constance à toute épreuve.

« Dans tous les cas de maladie que vous aurez à traiter chez les femmes, le flux menstruel ne doit pas empêcher la continuation du traitement. Ceux qui ont écrit le contraire étaient dans l'erreur; souvent même la nature attend cette époque et profite de ce véhicule pour rejeter des matériaux viciés, que, sans les efforts que vous avez ajoutés aux siens, elle n'aurait pu expulser par cette voie.

« Les hémorrhagies doivent seules vous effrayer; vous ne devez agir qu'en tâtonnant.

« La vacuité prolongée de l'estomac, comme sa trop grande plénitude, sans empêcher l'action, est défavorable à la manifestation ostensible des effets.

« *Comment magnétiser dans les maladies aiguës?* — Vos efforts de volonté doivent être puissants, prolongés, pour être efficaces. Il faut diriger votre action sur l'abdomen, ne magnétiser le cerveau et la poitrine que secondairement; tenir votre main sur ou en face de l'estomac le plus que vous pourrez. Cherchez, si vous avez des connaissances en médecine, l'organe principalement affecté, et dirigez vos doigts en pointe sur sa surface lorsque vous l'aurez découvert.

« Une magnétisation fait ordinairement peu de chose dans les cas extrêmes: ce n'est que dans le commencement qu'on peut les enrayer, en changeant les symptômes par quelques heures de magnétisation. Mais maintenant que vous voulez voir plus que des effets curieux, il vous faut prolonger, répéter même, à de courts intervalles, l'emploi du magnétisme. Soyez certain que, quelle que soit la gravité du mal, si une crise est possible, elle aura lieu, et si la nature a cherché à la produire et n'y est point parvenue, aidée de vous, elle cherchera de nouveau à se débarrasser de ce qui l'opprime.

« N'attendez pas qu'il y ait gangrène des intestins, que des organes soient détruits ou altérés profondément dans les tissus qui les constituent: le mal ainsi fait est irréparable.

« Les exemples qui suivent sont destinés à vous servir de guides dans les cas analogues. Dans l'impossibilité d'énumérer toutes les infirmités humaines dans un aussi petit espace, j'ai choisi des maladies dont le traitement peut, jusqu'à un certain point, être pris pour type d'affections analogues

« 1° Rougeole, scarlatine, variole. — Dans ces affections si nombreuses, et qui ont quelquefois une terminaison si funeste, ne craignez ni la fièvre, ni la chaleur qui pourront se manifester; elles ne sont que le résultat du travail qui se fait par vos efforts et de l'augmentation du mouvement nécessaire. Que votre magnétisation soit simple, générale et de courte durée; quinze ou vingt minutes pour chaque fois; cette application ne dérange en rien le traitement judicieux qu'un médecin aura indiqué ou suivi dans pareil cas. Même marche à suivre dans les maladies dites éruptives, fièvre miliaire, etc.

« 2° Inflammation du cerveau. — Ce que vous pouvez faire dans ces cas graves est immense. Votre action diminue, si elle ne la neutralise complétement, l'arrivée des fluides que l'irritation appelle de toutes parts.

« Passe à grands courants jusqu'aux pieds, en suivant la ligne médiane.

« Placez une main à plat sur le front, frictionnez légèrement les arcades sourcilières, puis terminez votre magnétisation par des passes sur les jambes.

« La paralysie, l'absence de la parole, la rigidité des membres, et même, dans certains cas, les convulsions, ne doivent point vous empêcher de tenter la guérison. Ne sauveriez-vous qu'un malade sur six, vous le pouvez; n'est-ce pas un résultat qui doit vous encourager?

« Dans ce groupe sont comprises: la méningite, l'encéphalite, l'apoplexie, les différents degrés de congestion cérébrale ou coup de sang.

« 3° Phlegmasies du tube digestif. — Cette dénomination comprend: la gastrite, la duodénite, l'entérite, la gastro-entérite, la diarrhée aiguë et la dyssenterie.

« Des frictions magnétiques, c'est-à-dire votre main promenée légèrement de place en place et lentement sur le ventre, diminueront les ténesmes et les coliques, et pourront empêcher le développement d'une maladie qui mène souvent et rapidement à la mort.

« Revenez souvent à ces procédés, ne quittez pas le malade qu'il ne soit mieux. Vous verrez peut-être survenir le sommeil magnétique dans une intermittence des douleurs. Appliquez votre main parfois sur la région de la vessie; mais que les pressions soient légères. Touchez aussi les reins, en descendant jusqu'au sacrum.

« 4° Fièvres essentielles. — Cette partie compliquée de la pathologie embrasse les fièvres continues, intermittentes et rémittentes, désignées sous les noms aussi nombreux qu'incompréhensibles de: graves,

essentielles, inflammatoires, bilieuses, muqueuses, adynamiques, ataxiques, typhoïdes, putrides, malignes, pernicieuses, hectiques, etc., etc. J'abrége cette nomenclature ennuyeuse.

« Ici les indications varient selon l'intensité et le siége du mal. La marche du magnétisme est obscure ; le trouble général ne permet pas de distinguer clairement les effets résultant de votre action. Ce n'est que par une saturation, que l'on pourrait appeler expérimentale, que l'on doit procéder. Il faut chercher l'organe qui répond le plus vite à l'appel que vous lui faites.

« La force médicatrice est presque anéantie. Espérez pourtant, car il suffit que l'action d'un seul organe se régularise pour que bientôt, de proche en proche, vous apaisiez le tumulte des forces qui se combattent. Rappelez-vous surtout que la force vitale que vous donnez n'est point viciée, qu'elle secourt celle du patient, en chassant devant elle les matériaux putrides. Etablissez des courants de la tête aux pieds ; mais aussitôt que vous vous sentez affaibli, prenez du repos à l'air ; car, lorsque vous n'avez plus la force, vous absorbez à votre tour les miasmes délétères dont votre action a augmenté considérablement l'expansion.

« 5° Rhumatisme. — La fièvre ne doit jamais, pas plus que dans la rougeole, empêcher ou retarder l'emploi du magnétisme. L'exaspération de la douleur est souvent apaisée subitement; mais il est certains cas où le magnétisme la fait naître; alors elle n'est que critique et annonce que les matériaux, cause de la maladie, vont changer de lieu, ce qui est un symptôme favorable.

« Quand ces affections sont héréditaires, elles reparaissent. Mais si vous avez eu le bonheur de les atteindre par votre action, les crises sont alors moins fréquentes, comme aussi moins douloureuses, et cèdent plus promptement à l'emploi du magnétisme.

« Le rapport magnétique établi par une magnétisation de cinq à dix minutes, vous dirigez vos doigts en pointe dans la direction des nerfs qui sont affectés ou sur l'articulation qui est le siége de la maladie, et vous descendez vos mains lentement, comme si vous vouliez attirer quelque chose vers les extrémités. Vous reprenez ensuite une magnétisation générale pour revenir encore au siége de la maladie. Et surtout ne craignez nullement, je vous le répète, les douleurs que vous aurez ainsi fait naître.

« Tout ceci est applicable aux rhumatismes musculaire et articulaire, quelle qu'en soit l'acuité.

« On peut, dans ces maladies, constater les phénomènes physiques les plus curieux. De loin, on peut, en dirigeant un doigt sur une partie douloureuse, y développer une sensibilité si prodigieuse, qu'un corps quelconque placé entre vous et le malade ne pourra l'empêcher de vous sentir.

« Hernies.—L'observation suivante est due au docteur Baudot; c'est son début magnétique :

« Chez une femme de trente-quatre ans, on pouvait reconnaître deux hernies, l'une crurale, de la grosseur d'un œuf de poule, et qui me parut étranglée ; l'autre ombilicale, du volume du poing, et à laquelle j'attribuai les symptômes suivants, présentés en outre par la malade: pouls à peine sensible, pâleur de la face, froid aux extrémités, efforts pour vomir et vomissement jusqu'à défaillance. La veille de ma visite, cette dame avait eu déjà plusieurs vomissements, dont la matière offrait quelques stries de sang. Dans cet état déplorable, cette dame fut magnétisée environ trois quarts d'heure: un doux sommeil se déclara pendant ce temps; réveillée, les vomissements ne reparurent plus, les hernies était rentrées. La malade accusait seulement de la pesanteur dans les bras; du reste, tout présentait l'équilibre le plus satisfaisant. Le lendemain, son bien-être se confirma ; elle m'assura qu'elle ne ressentait plus rien de sa cruelle maladie.

« *Comment procéder dans les affections chroniques?* — Chercher à augmenter la vitalité ; ceci obtenu, produire des crises ; je ne veux pas parler de convulsions, mais de mouvements dans les fluides. Il faut que le malade soit replacé dans l'état aigu, c'est-à-dire dans la disposition où la maladie, montrant toute sa gravité, appelait les secours puissants de la médecine.

« En conséquence, pendant huit ou dix jours appliquez la méthode pure et simple, ne cherchez le développement d'aucun effet, abandonnez même ceux qui surgissent, sans en chercher l'augmentation ou la diminution. Lorsque vous pensez que tout le corps a été parcouru par le magnétisme, vous changez de procédé ; vous dirigez de préférence la magnétisation sur le siége du mal, s'il est bien connu ; dans le cas contraire, sur la région où vous le supposez. Il faut y développer de la chaleur, de la douleur même, et ne rien craindre des nouveaux symptômes qui apparaîtront. Rappelez-vous qu'ils ont existé anciennement ; le malade vous dira qu'il les a déjà sentis. Continuez. Vous ne devez vous arrêter que dans un seul cas, celui où le travail médicateur est trop considérable, où la fièvre se développe, lorsqu'enfin il y a trop de souffrance ; ces cas sont rares. Il faut alors doser votre magnétisme de manière à entretenir le mouvement imprimé ; bien voir ensuite où se dirigent les matériaux détachés ainsi, les suivre ; s'ils se portent sur un organe dont le jeu est essentiel, donner de la force, de la vie à cet organe, en même temps que vous soutiendrez les efforts qui sont faits au siége même du mal.

« Soyez assuré que l'émonctoire qui doit servir de voie d'expulsion se découvrira à vos yeux ; la peau par des transpirations ; les reins par des sécrétions ; la poitrine même peut, dans certains cas, par des expulsions glaireuses, des crachats visqueux, jouer le même rôle ; il survient aussi des garde-robes plus fréquentes et plus abondantes.

« C'est ainsi que j'ai vu, après plusieurs années d'existence, disparaître des douleurs dans les os qui étaient la suite de l'inoculation du virus vénérien et de l'administration de préparations mercurielles. Le travail était évident : des plaques cuivreuses survenaient à la peau ; la vessie, tranquille jusqu'alors, devenait douloureuse, les reins également, mais le sommeil avait reparu ; la chaleur du lit, si insupportable avant la magnétisation, n'incommodait plus le malade. Un travail singulier avait lieu dans les os, qui avaient augmenté de volume ; les urines se chargeaient et servaient de véhicule à l'expulsion de ce que les forces médicatrices avaient détaché. Le malade enfin guérissait.

« J'ai vu aussi des tumeurs blanches, des engorgements des glandes se résoudre après avoir été le siége de douleurs critiques causées par le magnétisme. Il survenait un dévoiement, une diarrhée séreuse, qui amenait une diminution sensible dans le volume, et enfin la résolution complète de ces engorgements avait lieu après deux ou trois réapparitions de ces heureux symptômes.

« Des paralysies des membres et même des nerfs optiques avaient cessé après des crises ; des surdités aussi, mais en petit nombre. On pouvait toujours suivre la marche et se rendre compte du travail critique qui avait lieu. La nature, renforcée, aidée, ne cachait point ses opérations : l'œil le moins exercé pouvait les apercevoir.

« Quelquefois une ou quelques magnétisations ayant eu pour résultat de replacer la maladie dans son état aigu, les effets diminuent, et la réaction que vous aviez cherché à opérer et que vous aviez commencée ne se continue pas ; vous ne pouvez plus même reproduire le sentiment des premiers effets.

« Si la nature refuse de vous suivre et de vous seconder, le malade est incurable par vos procédés. Mais, avant de déclarer qu'il en est ainsi, vous devez répéter vos tentatives, car la nature est souvent paresseuse et a besoin d'être stimulée.

« *Des affections nerveuses.* — Rien n'est plus facile, pour le magnétiseur, que de faire cesser les spasmes, les attaques de nerfs, d'épilepsie même. Eh bien, comment s'y prend-il ? Il magnétise de la tête aux extrémités inférieures ; rien de plus. Que sentent alors les malades ? un dégagement quelquefois subit dans l'organe qui était opprimé. Ils éprouvent la sensation d'une véritable circulation nerveuse vers les extrémités, et il est même facile d'y constater des mouvements qui n'y avaient point lieu avant cette simple opération.

« La chaleur revient bientôt dans les membres froids, souvent même il survient de la transpiration aux pieds. On aperçoit de légers mouvements convulsifs sur le trajet que parcourt le fluide qui avait été retenu, comprimé, emprisonné par les spasmes ou contractions des conducteurs où il aurait dû passer pour redescendre. Ces spasmes cessant tout à coup, la route est rouverte, les fluides s'y précipitent à flots, et la partie congestionnée d'une manière si singulière, mais pourtant si incompréhensible, se trouve débarrassée.

« La plupart des affections nerveuses peuvent donc trouver un remède ? Oui, même celles qui, dans le jeune âge, tuent une grande partie des enfants. J'ai essayé tant de fois avec succès qu'il ne me reste plus un doute.

« 1° Paralysies. — Ici vous avez affaire à des parties d'où la vie s'est retirée ; les vaisseaux qui lui donnaient passage se sont rétrécis, et les tissus, ne recevant plus leur part de suc nourricier, ont été flétris, altérés. La circulation nerveuse n'a plus lieu, ou du moins d'une manière très-imparfaite ; la nature a été forcée de changer la direction de ses forces ; mais tout est à sa place, et vous pouvez espérer encore.

« Si vous magnétisez d'abord généralement, puis passez à une action locale, qu'arrivera-t-il ? D'abord de la chaleur dans le membre froid, ensuite des picotements. Si vous persistez, vous obtiendrez des contractions et souvent aussi une sorte de commotion qui ressemble à de légères décharges électriques.

« En continuant, les secousses augmenteront d'intensité, et le malade ne tardera pas à recouvrer la souplesse et l'usage du ou des membres paralysés

« La vieillesse ne s'oppose pas toujours à un changement heureux ; mais, en général, dans ces cas, on ne doit se promettre qu'un demi-succès.

« 2° Chorée ou danse de Saint-Guy. — Lors de mes expériences de Reims, un homme affecté de chorée depuis quarante ans s'en vit débarrassé en moins de deux mois par un de mes élèves. C'est en excitant les nerfs, en produisant des mouvements plus forts que ceux qui avaient lieu presque constamment, que ce malheureux vit cesser en si peu de temps un mal qui avait fait le tourment de sa vie.

« Cette marche est également applicable au tic nerveux et au *delirium tremens.*

« 3° Hydropisies. — C'est l'abdomen qu'il faut surtout magnétiser, lors même que l'infiltration n'existe que dans les jambes. C'est à pénétrer cette cavité dans toutes ses parties, c'est à la chauffer par l'influence excitante, que l'on doit tendre.

« Bientôt une toux d'un caractère particulier vous avertit qu'une portion du liquide épanché est entrée dans la circulation générale, et des battements de cœur inaccoutumés, dus à la même cause, vous confirment que votre travail a un résultat. Ne vous étonnez point des garde-robes séreuses, elles peuvent venir en grand nombre, l'eau s'écoule par cette voie. Rarement la vessie se prête d'abord à vous servir ; les urines restent quelque temps rares et rouges ; mais enfin vous voyez un changement. Lorsque la chaleur interne a diminué (car le froid n'est qu'à l'extérieur), l'ardeur trop grande, fébrile, des

organes sécréteurs cesse, et les urines coulent souvent avec abondance.

« 4° Vésicatoires, cautères, sétons. — Il est un fait précieux que n'ignore aucun de ceux qui magnétisent : c'est que les malades chez qui on a établi un ou des émonctoires, les voient, durant le traitement magnétique, sécher ou suppurer beaucoup plus abondamment. On acquiert ainsi une donnée certaine sur leur opportunité. Dans le premier cas, on peut les supprimer sans danger, car ils sont inutiles ; dans le second, il faut bien se garder d'y toucher, ils sont nécessaires, et celui qui les avait ordonnés avait bien jugé. La nature dirige sur ce point des humeurs viciées ou superflues ; il faut laisser la source s'en tarir.

« 5° Phthisies.—Elles peuvent être influencées à leur origine d'une manière favorable; mais, passé le second degré, le magnétisme est tout à fait contraire si on ne sait le doser. Animé d'une foi vive, j'ai essayé à diverses reprises d'arrêter ce cruel mal ; mais plus je faisais d'efforts violents, plus mon énergie était grande, moins je faisais de bien. C'est que l'action d'un remède, quel qu'il soit, doit être calculée en raison de la puissance des organes. Ici cette puissance n'existait que fort peu, et la circulation augmentée, trouvant un organe à peu près détruit, ne faisait plus que fatiguer en pure perte ce qui en restait. Souvent même des étouffements, des crachements de sang étaient la suite forcée de mes tentatives. Il est donc une limite où vous devez vous arrêter; ici elle est toute tracée. Vous ne pouvez guérir. — Contentez-vous de soulager, et vous y parviendrez par un magnétisme doux et de quelques instants.

« *Tentatives inutiles.* — Parmi les maladies que l'on ne doit pas chercher à guérir, signalons :

« 1° Les tumeurs enkystées d'un gros volume. Le magnétisme peut bien, dans certains cas, agir sur leur masse; mais cette dissolution est dangereuse, et ne fait qu'aggraver l'état du malade en portant dans la circulation des matériaux d'irritation trop abondants;

« 2° Les calculs de la vessie ne peuvent être en rien diminués ni expulsés par l'action magnétique. Il en est de même des corps étrangers introduits dans les organes. Il faut alors chercher le sommeil lucide, car il a des ressources inconnues. Sans lui, il n'y a nul espoir pour le magnétisme simple;

« 3° Les taches de la cornée, la cataracte, ne peuvent non plus être détruites par le magnétisme. Mieux vaut pour lui la paralysie des nerfs optiques, car plusieurs ont cédé assez promptement ;

« 4° Les membres atrophiés dès le jeune âge, et qui sont restés en arrière du développement des autres parties de l'individu;

« 5° Le rétrécissement du diamètre du canal rachidien, comme la paralysie qui en est la suite: maux totalement incurables ;

« 6° L'idiotisme de naissance, lorsque surtout la tête présente un défaut de proportion ;

« 7° Enfin toutes les infirmités ayant pour cause un vice de conformation, lorsque le temps et la constitution ne les ont point déjà modifiés en bien.

« *Somnambulisme.* — L'agent magnétique, outre les propriétés que nous en avons fait connaître, possède une vertu sédative, et, par suite, exerce une action soporeuse ou dormitive sur un grand nombre de magnétisés. Aussi n'est-il pas rare de voir tomber lentement ou tout à coup un être bien éveillé dans un sommeil profond sans administration d'une dose d'opium ou de tout autre somnifère. Vous n'avez fait que promener vos doigts, avec art, devant la face, et tous les sens se sont assoupis, et toutes les impressions venant du dehors n'arrivent plus jusqu'à lui ; il est dominé, anéanti, comme mort, il ne sent plus rien, excepté vous ; un rapport mystérieux s'est établi entre vos deux systèmes nerveux.

« Voici la description, à peu près exacte, de cet incommensurable phénomène. Ce sont des autorités scientifiques qui vont nous la donner. M. le docteur Husson, parlant à l'Académie de médecine, s'exprime ainsi :

« Lorsque le magnétisme produit le somnambulisme, l'être qui se trouve dans cet « état acquiert une extension prodigieuse « dans la faculté de sentir. Plusieurs de ses « organes extérieurs, ordinairement ceux de « la vue et de l'ouïe, sont assoupis, et toutes « les opérations qui en dépendent s'opèrent « intérieurement.

« Le somnambule a les yeux fermés ; il « ne voit point par les yeux, il n'entend pas « par les oreilles; mais il voit et entend « mieux que l'homme éveillé. — Il ne voit « et n'entend que ceux avec lesquels il est en « rapport. Il ne voit que ceux qu'il regarde; « et ordinairement il ne regarde que les ob- « jets sur lesquels on dirige son attention. Il « est soumis à la volonté de son magnétiseur « pour tout ce qui ne peut lui nuire, et pour « tout ce qui ne contrarie point en lui les « idées de justice et de vérité. — Il sent la « volonté de son magnétiseur. — Il voit ou « plutôt il sent l'intérieur de son corps et « celui des autres, mais il n'y remarque or- « dinairement que les parties qui ne sont « pas dans l'état naturel et qui en troublent « l'harmonie. Il retrouve dans sa mémoire le « souvenir des choses qu'il avait oubliées « dans l'état de veille. Il a des prévisions et « des présentations qui peuvent être erro- « nées dans plusieurs circonstances et qui « sont limitées dans leur étendue. Il s'énonce « avec une facilité surprenante. Il n'est point « exempt de vanité. Il se perfectionne de lui- « même pendant un certain temps, s'il est con- « duit avec sagesse ; il s'égare, s'il est mal « dirigé. Lorsqu'il rentre dans l'état naturel, « il perd absolument le souvenir de toutes « les sensations et de toutes les idées qu'il « a eues dans l'état de somnambulisme; « tellement que ces deux états sont aussi « étrangers l'un à l'autre que si le somnam-

« bule et l'homme éveillé étaient deux hom-
« mes différents.

« Dans cet état de somnambulisme, les « personnes magnétisées ont une lucidité qui « leur donne des idées positives sur la nature « de leurs maladies, sur la nature des af- « fections des personnes avec lesquelles on « les met en *rapport*, et sur le genre de « traitement à opposer dans les deux cas. »

« Certes, ce n'est pas moi qui nierai chacune de ces facultés dans tel ou tel somnambule ; mais je ne puis demeurer insouciant à la vue de cet étalage de facultés somnambuliques, toujours prêtes à se montrer à la demande des consultants, qui se renouvellent chaque jour, et souvent chaque heure, pour la satisfaction du caissier.

« La lucidité à l'aide de laquelle un somnambule peut indiquer à des malades la nature de leur mal et les remèdes convenables est assez rare ; elle est peu durable, si elle est fatiguée par un trop fréquent usage ; celle qui permet de voir quelque chose de l'avenir, ou de suivre par rétrospection un événement quelconque, est encore plus rare et ne se commande pas à volonté. Comment donc alors ces nombreuses sibylles et ces nouveaux oracles sont-ils toujours prêts à répondre aux désirs d'un consultant ?

« Même lorsque le somnambulisme indique parfaitement les parties malades, qu'il signale les causes physiologiques de la maladie, ce n'est pas une raison pour que cette lucidité soit la preuve que celle qui fait trouver les remèdes existe, et c'est là l'écueil de la médecine somnambulique. On est en effet naturellement porté à recevoir avec confiance les remèdes conseillés par un somnambule qui vient de donner les renseignements les plus exacts sur une maladie, et pourtant, il faut qu'on le sache, il n'y a point de solidarité forcée entre ces deux genres et ces deux degrés de lucidité.

« Très-souvent les somnambules, assez lucides pour sentir et voir le mal dans sa nature et dans ses effets, ne sont plus que des individus à facultés de l'état de veille quand ils abordent le traitement. Ainsi les uns ne coordonnent leur médication qu'à l'aide des moyens divers dont la connaissance leur est acquise par le commerce habituel de la vie ; les autres, à l'aide de certaines études de médecine et de botanique, se sont fait une sorte de méthode de traitement qu'ils appliquent dans tous les cas. Bienheureux quand leur pharmacopée est inoffensive.

« Je crois donc, avec Deleuze, avec les médecins magnétistes d'Allemagne et bien d'autres, que les ressources offertes par le somnambulisme aux malades consultants sont très-restreintes, et qu'elles sont inférieures à celles que le magnétisme, agent dynamique, renferme par suite de sa nature et de son mode d'action. »

Voilà tout ce que nous avons pu recueillir de quelque portée sur l'existence du magnétisme animal et sur ses applications à l'art de guérir, encore serons-nous forcé d'avouer que les expériences dont nous venons de parler rentrent dans la catégorie de toutes les observations recueillies par les médecins ; elles ne sont que des matériaux proposés à l'autorité de la science elle-même, laquelle, à propos du magnétisme, se tient encore dans une réserve plutôt hostile qu'encourageante. Quant aux merveilles du somnambulisme, à la seconde vue, à l'art de lire sans le secours des yeux, de prédire le futur etc., nous ne pouvons que renvoyer nos lecteurs aux réclames de journaux et aux théâtres d'escamoteurs.

MANOMÈTRE. *Voy.* LOCOMOTIVES.

MARAIS (DESSÉCHEMENT DES). — Lorsque nous aurons parlé de cette importante opération par laquelle l'art agricole peut conquérir des richesses que jusqu'ici l'ignorance, le manque de capitaux ou l'incurie avaient négligées, nous pensons que nous aurons à peu près, non pas tout dit, mais dit les choses les plus intéressantes sur ce premier, ce plus sublime, car *moralement* et *physiquement* c'est le plus noble et le plus utile, de tous les arts auxquels le Créateur a donné à l'homme de se livrer. — (*Voy.* AGRICULTURE, CHARRUE, DRAINAGE.) — C'est encore au savant et consciencieux travail, plein de recherches, de procédés nouveaux, que M. Mangon, auquel nous devons tant déjà, a inséré dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, que nous emprunterons cet article. C'est, croyons-nous, le meilleur moyen de ne pas être au-dessous de notre tâche à l'égard de nos lecteurs.

On rencontre sur différents points du globe des contrées quelquefois très-étendues, soit constamment, soit périodiquement recouvertes d'eau, qu'il est possible, par des travaux de desséchement convenablement dirigés, de transformer en terres cultivables, souvent d'une grande valeur.

Les travaux nécessaires aux desséchements d'une grande importance présentent de sérieuses difficultés. Ils se compliquent presque toujours de questions contentieuses et administratives les plus complexes, et exigent à la fois le concours de la science du jurisconsulte et de toutes les ressources de l'art de l'ingénieur. Il ne saurait être question dans cet article d'exposer en détail tout ce qui se rapporte au problème compliqué des desséchements. On essaiera seulement d'indiquer l'esprit des méthodes à employer. Quelques exemples choisis avec soin compléteront d'ailleurs les explications générales.

Les marais proprement dits occupent en France une étendue que l'on évalue à 600,000 hectares au moins. Les départements qui en possèdent le plus sont la Charente, les Deux-Sèvres, les Bouches-du-Rhône, etc.

Mais on en rencontre aussi de fort étendus dans d'autres parties de la France, et bien peu de départements en sont complétement débarrassés.

La variété des lieux où se trouvent des marais indique assez la diversité des causes auxquelles on doit attribuer l'état de ces terrains. L'examen attentif de ces causes doit précéder toute étude de desséchement, car il

indique presque toujours la nature des procédés à adopter pour faire cesser l'état de choses auquel il faut remédier. Les développements donnés dans le cours de cette section permettront d'apprécier l'importance de cette observation, sur laquelle nous appelons particulièrement l'attention de nos lecteurs.

I. Études préalables a toute opération de desséchement. — Dessécher un marais, c'est le débarrasser des eaux qui séjournent à sa surface et donner un écoulement régulier à celles qui y arrivent. Les marais, considérés d'une manière générale, peuvent se partager en deux grandes classes. La première comprend les marais où la disposition des lieux est telle, qu'il existe un point inférieur par lequel le liquide peut trouver une issue permanente ou périodique : le problème consiste alors dans la détermination des emplacements, pentes et sections des canaux émissaires. La seconde se compose des marais dont la surface, étant inférieure à tous les points environnants, forme une cuvette d'où le liquide ne s'échappe que lorsqu'il est arrivé à une hauteur déterminée. On ne peut l'extraire, dans ce cas, qu'au moyen de machines d'épuisement ou de puits absorbants.

Certains marais appartiennent à la fois aux deux grandes divisions précédentes, c'est-à-dire qu'ils sont en partie desséchables par écoulement, et que l'opération ne peut se terminer qu'à l'aide des machines. Le desséchement des marais de cette espèce nécessite l'emploi des méthodes applicables aux deux premiers cas, qu'il est dès lors indispensable d'étudier successivement.

Dans tous les travaux de desséchement, sauf les cas particuliers où des circonstances étrangères à l'opération elle-même obligeraient de déroger à la marche générale, on doit se proposer : 1° d'éloigner de la surface des marais les affluents extérieurs ; 2° de purger cette surface elle-même des eaux en excès : ou au moyen de rigoles d'assèchement conduisant les eaux qui s'y rassemblent au point de sortie, ou en expulsant les eaux de la cuvette au moyen d'une force motrice quelconque, dont on conserverait tout ou partie pour chasser les eaux d'orage que l'évaporation et les infiltrations n'absorberaient pas assez vite lorsque la cuvette aurait été une première fois vidée.

Pour le calcul de différents éléments de ces travaux, il faut s'être rendu compte : 1° de l'étendue du bassin du marais et des bassins secondaires qui y aboutissent ; 2° de la quantité de pluie qui tombe dans l'année, dans les diverses saisons, et de celle qui peut tomber au maximum dans un jour donné ; 3° de la proportion suivant laquelle cette eau se répartit dans les divers bassins entre l'évaporation, l'infiltration dans le sol, et l'écoulement à la surface, ainsi que du temps nécessaire à cet écoulement ; 4° du débit des sources et des cours d'eau pérennes, soit à leur étiage, soit pendant leurs plus grandes crues, et de la détermination du volume d'eau que peuvent fournir pour un jour d'orage les lits habituellement à sec.

Détermination de l'étendue des bassins. — On peut définir le périmètre d'un bassin, l'ensemble des points à partir desquels l'eau qui tombe sur un plateau peut couler indifféremment dans ce bassin ou le bassin voisin. La ligne du périmètre se détermine par des points principaux qu'on reconnaît immédiatement sur le terrain, lorsque les plateaux voisins sont peu étendus et à pentes assez fortes, ou au moyen des nivellements transversaux des faîtes. Le point de la courbe de nivellement où la tangente est horizontale est celui qu'on cherche. En réunissant sur une carte ces emplacements par des lignes, on a le contour et par conséquent la superficie du bassin. Les cartes topographiques faites avec soin font immédiatement connaître les lignes de faîte dont il s'agit ici. On sait que les positions des lignes de faîte et de thalweg obéissent à des lois générales assez simples dont la connaissance, inutile à rappeler maintenant, facilite singulièrement les études sur le terrain.

Il importe d'ailleurs de remarquer ici que les eaux qui tombent à la surface d'un bassin ne sont pas toujours les seules qui y arrivent : à l'affleurement des couches perméables il peut en effet jaillir des sources provenant des eaux d'infiltration, venues de bien plus loin que les limites apparentes du périmètre. Ainsi, dans son travail sur les marais Pontins, M. de Prony annonce qu'en comparant le volume d'eau pluviale qui devient courante dans ce bassin, et doit s'échapper annuellement par l'émissaire unique qui lui donne passage, avec le volume total du liquide effectivement débité par cet émissaire, il a reconnu que celui-ci était à peu près le double du premier. Il en conclut naturellement que les sources débitent une quantité considérable d'eau venant des infiltrations produites dans les bassins voisins, et amenées dans celui des marais par la déclivité de la couche imperméable qui s'étend beaucoup au delà de la crête des versants extérieurs.

De la quantité et de la répartition des eaux de pluie dans l'année. — Il ne suffit pas de connaître la masse générale d'eau qui peut tomber en une saison, il faut tenir compte de la valeur des grandes pluies ordinaires. Pour se mettre à l'abri de toutes les pluies d'orage, dans toutes les circonstances possibles, il faudrait évidemment établir les calculs en tenant compte de la plus grande hauteur d'eau tombée en douze heures. Mais on arriverait ainsi à des travaux d'une importance trop considérable, et il suffit de baser les évaluations, comme on le verra plus loin, sur la hauteur d'eau tombée, pendant un orage d'intensité moyenne. Ainsi, pour ne citer en ce moment qu'un seul exemple, bien qu'on ait observé à Rome des orages versant à la surface du sol une couche d'eau de 0m 12 d'épaisseur, M. de Prony a calculé les débouchés des différents émissaires des marais Pontins, en admettant que la hauteur

d'eau tombée pendant un orage resterait comprise entre 0m 04 et 0m 07.

De la proportion suivant laquelle l'eau des pluies se répartit dans les divers bassins entre l'évaporation, l'infiltration dans le sol et l'écoulement à la surface. — Les eaux qui tombent à la surface du sol se partagent en trois parties. La première est enlevée par l'évaporation ou la végétation ; la seconde pénètre dans le sol par infiltration à une plus ou moins grande profondeur, et forme quelquefois, à la surface des couches imperméables, les nappes aquifères qui alimentent les sources situées plus loin à un niveau inférieur; la troisième coule à la surface, et, par différentes rigoles, va rejoindre, dans un temps assez court, les ruisseaux qui se déchargent dans le marais.

On comprend quelle importance aurait, pour la question qui nous occupe, la détermination de la proportion suivant laquelle l'eau tombée se divise entre ces trois destinations. Malheureusement, il est impossible d'avoir à ce sujet des données générales et précises, et on est obligé, pour chaque cas particulier, d'avoir égard aux diverses circonstances locales, et d'évaluer cette répartition en tenant compte, le mieux qu'on peut, de ce qui a quelque influence sur elle.

L'état de la surface du sol et la composition géologique de ses couches supérieures sont évidemment les éléments les plus importants de cette détermination. Sur un sol boisé et couvert d'herbes, l'infiltration est généralement considérable, parce que l'eau, préservée du vent et du soleil, et retenue par les plantes entre lesquelles elle s'introduit, ne peut ni s'évaporer ni couler facilement à la surface. Sur un terrain découvert, au contraire, l'infiltration, toutes choses égales d'ailleurs, sera relativement peu considérable, et la plus grande partie du liquide s'écoulera pour aller gagner les thalwegs des ruisseaux, ou sera enlevée par l'évaporation, que favorise alors l'action du vent et du soleil. Entre ces deux cas extrêmes, celui d'une surface couverte d'herbes où l'infiltration est prépondérante, et celui d'une surface aride et imperméable où elle est presque nulle, se placent naturellement une foule d'états intermédiaires qui font varier à l'infini les rapports des quantités d'eau enlevée par écoulement, par infiltration ou par évaporation. Mais l'état de la surface n'est pas le seul élément de la question : la nature du sol et du sous-sol, sa perméabilité plus ou moins grande, exercent aussi une influence capitale sur l'écoulement de l'eau. Il est donc impossible de déterminer d'avance, et par une règle générale, le rapport des quantités d'eau tombées, évaporées et infiltrées; ce rapport varie d'un lieu à l'autre et ne peut être déterminé, dans chaque cas particulier, que par une longue série d'observations. Les résultats suivants montreront les différences qui existent à cet égard.

M. de Prony estime que, dans le bassin des marais Pontins, la quantité annuelle d'eau perdue par l'évaporation est égale aux 0m 091 de celle qui tombe. Ainsi, la moyenne d'un grand nombre d'années d'observations donnant 0m 805 pour la hauteur d'eau tombée annuellement, M. de Prony admettrait que la hauteur de l'eau pouvant passer dans les canaux sera de 0,724. Cependant les observations faites à Rome, sous le même climat, donnent 2m 362 pour la couche d'eau évaporée dans l'année en dehors de l'influence de l'action solaire.

Pour justifier la différence de ces chiffres, qui paraît établie arbitrairement, cet auteur fait observer que l'évaporation constatée dans les observatoires doit être bien plus considérable que l'évaporation effective sur des terrains bas, ombragés et abrités des vents; que la surface exposée à l'évaporation sur les marais, au lieu d'être constante, comme dans les observatoires, est très-variable, et qu'elle est à son minimum lorsque la cause évaporatrice est à son maximum, et réciproquement.

Cette proportion « estimée d'après divers rapprochements qui portent sur des détails trop minutieux pour les rapporter » n'a pas d'ailleurs, dans sa pensée, besoin d'être rigoureusement établie, car il ajoute : « L'objet de cette évaluation est d'avoir un des éléments du calcul qui donne la balance de la recette et de la dépense à l'époque où le desséchement sera opéré et où les eaux, coulant dans des canaux réguliers, ne stagneront plus dans la campagne, le système de ces canaux devant être établi de manière à débiter l'eau qui reçoit annuellement le bassin général, moins celle qui est enlevée par l'évaporation ou perdue par les infiltrations. Cette considération simplifie beaucoup le problème, et même une erreur dans sa solution ainsi envisagée ne tire pas à conséquence si elle est en moins, vu que la seule conséquence qui puisse en résulter est une légère augmentation dans la capacité des canaux. »

On a déjà donné, en parlant du drainage, quelques renseignements sur ce sujet; ils seront complétés par ceux que l'on trouvera dans la section suivante, à l'article des réservoirs d'irrigation. En réunissant ces diverses données, on se formera une idée assez nette de ce sujet.

L'absorption de l'eau par les terres exerce sur la question qui nous occupe, une influence bien plus grande que l'évaporation. On ne possède pas sur ce sujet de résultats positifs, et on ne peut dès lors se laisser guider que par des analogies plus ou moins éloignées. M. de Prony, dans son projet de desséchement des marais Pontins, estime que l'eau absorbée par le sol du bassin de ces marais est égale à un tiers de celle qui tombe, et que cette quantité d'eau s'élève à un demi dans le bassin des marais d'Arles. Cette proportion doit évidemment varier avec la hauteur d'eau tombée.

En comparant le débit total annuel de la Seine au volume d'eau qui tombe sur le bassin de cette rivière et de ses affluents,

on arrive au rapport 2/7. De sorte que 5/7 de l'eau tombée sont enlevés par l'absorption ou l'évaporation.

Le débit moyen annuel du Rhône est de 54,236 millions de mètres cubes, ou de 1,718 mètres cubes par seconde. La surface totale du bassin principal et des affluents de ce fleuve est de 927 myriamètres carrés.

Le débit moyen annuel est égal aux 0,58 environ de la quantité d'eau tombée sur cette surface.

M. Vallès a fixé, par une discussion très-complète de la question, cette proportion à 4/7 pour le bassin du lac de Grandlieu (Loire-Inférieure), de sorte qu'en admettant que l'épaisseur de la couche d'eau tombée pendant un orage d'intensité moyenne soit, dans cette localité, de 0m 04 en 24 heures, il y aura une couche de 0m 023 d'épaisseur absorbée, et une autre couche de 0m 017 seulement coulera sur le sol. Ces rapports dépendent évidemment de la nature du sol et de sa pente. Nous ne saurions assez répéter que les chiffres que nous citons n'ont rien d'absolu, mais semblent être compris, comme première approximation, dans une partie de la France, entre 4/7 et 5/7.

Du débit des sources et des cours d'eau par année, soit à leur étiage, soit pendant les plus grandes crues, et de la détermination du volume d'eau que peuvent fournir pour un jour d'orage les lits habituellement à sec. — Le jaugeage des sources et des cours d'eau permanents s'effectue sans difficulté par les méthodes ordinaires de l'hydraulique, c'est-à-dire en formant un déversoir pour les très-petits cours d'eau, et en employant, pour ceux d'une plus grande importance, soit le moulinet de Woltman, soit la méthode des flotteurs. Mais la détermination du volume d'eau que peuvent fournir, après un jour d'orage, les lits des torrents ordinairement desséchés, ou les crues des cours d'eau permanents, présente plus de difficulté; voici la marche suivie pour arriver approximativement à cette détermination.

Désignons par a la surface du bassin, par h l'épaisseur de la tranche d'eau qui peut tomber en un jour d'orage sur la surface de ce bassin, et par $\frac{1}{n}$ le coefficient d'absorption, ou le rapport de l'eau perdue par infiltration à l'eau tombée. Soit enfin t, le temps en secondes employé par l'eau qui coule à la surface, pour s'accumuler en masses capables de produire des effets nuisibles. Il est évident que $\frac{n-1}{n} a h$ sera le volume d'eau coulant par jour, et $\frac{n-1}{n t} a h$ celui qui devra s'écouler par seconde par l'émissaire dont la section, pour satisfaire à cette condition, sera dès lors facile à calculer. Il paraîtrait naturel de prendre pour h la valeur de la plus forte pluie observée. Mais ce maximum est presque toujours énorme par rapport à la moyenne des maxima des pluies d'orage, et conduirait à donner aux canaux des dimensions très-considérables et très-coûteuses, qui n'auraient d'utilité que pour un jour exceptionnel dans le courant d'un grand nombre d'années. Aussi les auteurs se sont-ils généralement accordés à s'arrêter pour h à la moyenne des maxima.

Ainsi dans les marais Pontins, quoique dans les observations faites à Rome une pluie d'orage tombée le 6 avril 1797 ait donné une hauteur d'eau de 0m 126, M. de Prony, dans son projet de desséchement, adopte-t-il pour h la hauteur de 0m 06.

Pour les marais d'Arles, bien qu'il soit tombé à Marseille, le 15 septembre 1772, en quatorze heures, une hauteur d'eau de 0m 325, et à Arles, le 4 octobre 1806, pendant douze heures, un prisme de 0m 193 d'épaisseur, le même auteur admet pour h une hauteur de 0m 09.

Enfin M. Vallès, dans son projet de desséchement du lac de Grandlieu, dans la Loire-Inférieure, fait h=0m 04, quoique un orage de quatre heures ait donné à Nantes un prisme d'eau de 0m 217, et à Vatou un prisme de 0m 338.

La quantité t varie avec la conformation des lieux, leurs pentes plus ou moins abruptes, leur surface plus ou moins lisse, etc. Elle a été évaluée à 212,000 secondes pour les marais Pontins, à 691,200 secondes pour les marais d'Arles, et à 680,400 pour le lac de Grandlieu.

Enfin, la quantité $\frac{1}{n}$ dépend de la nature plus ou moins absorbante du sol. Et même, pour un terrain donné, elle doit varier avec l'état de siccité, de culture, de température où ce terrain se trouve chaque jour d'orage; cependant, pour s'arrêter à un chiffre, dans les exemples cités plus haut, on a admis pour n les valeurs $\frac{1}{1}$ $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{4}{7}$. Il semble assez naturel d'admettre que dans deux bassins dont les pentes seraient sensiblement les mêmes, les nombres de secondes nécessaires à l'accumulation des eaux seront en raison inverse des hauteurs d'eau s'écoulant à la surface, et proportionnels à la longueur du principal cours d'eau du bassin. De sorte qu'en désignant par t', a', h' n' des quantités analogues à t, a, h n, et par l et l' les longueurs des cours d'eau principaux des bassins considérés, on aurait :

$$\frac{t}{t'} = \frac{l}{l'} \cdot \frac{\frac{n'-}{n} a' h'}{\frac{n-1}{n} a h}$$

équation dont on pourrait tirer t' si toutes les autres quantités étaient déterminées. Si les pentes des bassins étaient sensiblement différentes, cette formule cesserait d'être ap-

plicable. Il faudrait la remplacer par une autre trop compliquée pour être indiquée ici.

Après avoir évalué, par les considérations précédentes, l'étendue du bassin, la hauteur d'eau qui tombe annuellement ou pendant un jour d'orage sur ce bassin, la proportion de cette eau qui est absorbée par le sol ou entraînée par l'évaporation, et enfin le volume des sources et des eaux pérennes ou autres qui y affluent, on a, comme on va le voir, tous les éléments nécessaires à la rédaction des projets de desséchement, dont nous allons maintenant nous occuper.

II. Travaux de desséchement. — *Canaux de ceinture.* — Quand il s'agit d'un marais que l'on ne peut dessécher qu'au moyen de machines, il est évident qu'il est indispensable de commencer par détourner de la surface du marais toutes les eaux extérieures, qui sans cela continueraient à y affluer, et ne pourraient en être extraites que par des procédés coûteux : dans les autres cas, cette obligation peut paraître moins nécessaire, puisque l'écoulement de ces eaux peut avoir lieu par le même point que celui des eaux du bassin lui-même. Cependant, plusieurs raisons portent en général à déverser les affluents extérieurs dans des canaux de ceinture situés en dehors du périmètre des marais.

D'abord la cause première de la formation des marais est généralement la difficulté d'écoulement due au peu de pente que présente la surface; imposer aux émissaires qui doivent la purger l'obligation de recevoir le volume total des eaux, c'est nécessairement les exposer aux mêmes causes qui ont produit l'état de choses qu'il s'agit de détruire.

Ensuite les bassins extérieurs présentent toujours des pentes bien plus considérables que le marais lui-même; les affluents arrivés à celui-ci tendent donc à y perdre considérablement de leur vitesse, à y déposer les matériaux qu'ils charrient, et, par conséquent, à y créer des atterrissements qui détruiraient promptement le régime régulier qu'on tend à établir.

Pour empêcher les crues de ces affluents de déborder sur les terres rendues à la culture, il faudrait les contenir dans des digues souvent fort élevées, qui feraient obstacle à l'établissement régulier des canaux d'assèchement proprement dits, ou leur creuser des lits larges et profonds sujets à de fréquents curages, et dont la construction serait très-coûteuse.

D'autre part, en rassemblant les eaux du dehors dans des canaux extérieurs, dont il est facile, par conséquent, de maintenir le niveau au-dessus de la surface du marais, on se donne le moyen de les utiliser pour l'irrigation des nouvelles cultures; ce qui est souvent nécessaire, soit pour dessaler les terrains conquis sur la mer, soit pour communiquer au sol une fertilité qu'il ne pourrait avoir sans le secours de ce puissant moyen de fécondation. L'irrigation, en un mot, est dans beaucoup de cas le complément nécessaire d'un desséchement, et l'on doit dès l'origine, prendre les mesures convenables pour que ce double but soit simultanément atteint.

Quels que soient, en résumé, la nature du marais à dessécher, et les procédés ultérieurs à employer pour cette opération, il convient donc, à moins de circonstances toutes spéciales, d'arrêter, dans des canaux de ceinture, toutes les eaux extérieures affluant dans le marais. Le tracé de ces canaux de ceinture résulte de la disposition des lieux. On doit chercher à déterminer leurs directions de manière à utiliser les lits déjà existants, et, dans tous les cas, à réduire autant que possible la dépense, tout en assurant la bonne exécution des travaux. Le tracé de ces canaux détermine, en général, leurs pentes en long, qui doivent être aussi fortes que possible, pour éviter les atterrissements, sans dépasser cependant les limites nécessaires à la conservation des ouvrages et les niveaux imposés par les besoins de l'irrigation ou d'autres services. Les pentes et le tracé étant déterminés par les considérations précédentes, la section de ces émissaires est facile à fixer, puisqu'il suffit d'introduire dans la formule ordinaire du débit les quantités d'eau qu'ils doivent débiter par seconde dans les circonstances les plus défavorables. Ce volume d'eau se décompose en deux autres : celui des sources et des cours d'eau permanents déterminé par expérience, et que nous désignerons par p, et celui des eaux d'orages roulant à la surface du sol, égale, comme on l'a vu précédemment, à

$$\frac{n-1}{n\,t}\,a\,h = q.$$

Si l'on pose, pour abréger $p + q = Q$, on aura pour déterminer la section du canal émissaire en un point où sa pente sera I par mètre, les relations

$$Q = \omega u$$

$$\frac{\omega}{\chi}\,I = Au + bu_2,$$

dans lesquelles : u est la vitesse moyenne du liquide par seconde; ω la section du canal; χ le périmètre mouillé; $a = 0{,}000024$; $b = 0{,}000366$. La quantité χ dépend de la forme de la section adoptée et peut se déterminer dans chaque cas particulier sans difficulté, de sorte que ces équations renferment tous les éléments nécessaires à la solution du problème. La forme généralement adoptée par la section d'un canal est un trapèze dont les bases parallèles sont horizontales et dont les côtés ont une inclinaison qui dépend de la tenue des terres qui forment la berge. Cette inclinaison varie ordinairement entre 1 et 3 de base pour 1 de hauteur.

Quand il y a une différence très-notable entre le débit à l'étiage et le débit pendant les crues ou les pluies d'orage accidentelles, comme il y a intérêt à rassembler les eaux d'étiage dans un lit où elles puissent conserver une hauteur suffisante pour avoir un écoulement facile, on évase seulement à ..

partie supérieure le lit préparé pour l'étiage. De sorte que le profil de la section présente deux trapèzes superposés ; l'excès de la base inférieure du grand sur la base supérieure du petit forme deux banquettes qui ne sont atteintes par les eaux qu'au moment des crues. D'ailleurs, comme on ne calcule les débouchés que pour les crues produites par les orages d'intensité, moyenne il peut arriver que les canaux soient insuffisants dans le cas d'orages extraordinaires ; si l'inondation qui doit en résulter ne peut occasionner, d'après la disposition des lieux, que de faibles dommages, on ne tient pas compte de cette prévision. Dans le cas contraire, on peut établir à droite et à gauche, et à une certaine distance de l'axe du canal, des digues formant un nouveau lit majeur destiné à contenir ces débordements accidentels.

La nature et la forme des terrains à traverser doivent avoir une grande influence sur le choix de l'emplacement des canaux. Il faut éviter avec soin de les faire passer sur des parties tremblantes et présentant une grande profondeur de vase, qu'on rencontre fréquemment aux approches et dans l'enceinte des marais, sur des terrains spongieux ou compressibles, à travers des roches qui en rendraient l'ouverture extrêmement coûteuse, etc.; d'un autre côté, l'établissement des pentes convenables impose des conditions nouvelles qui doivent se coordonner avec les précédentes.

On connaît les côtes du point de départ et celles du point d'arrivée de chaque canal ; on sait donc la hauteur de chute qu'on doit racheter par les pentes ; celles que l'on adopte sont déterminées par la vitesse qu'on peut ou qu'on veut admettre. A l'époque des crues ou des orages, la plupart des affluents arrivent dans les canaux chargés de matières en suspension qu'ils laissent retomber en tout ou en partie, suivant que leur vitesse disparaît ou diminue ; il est donc très-important, pour éviter les atterrissements, que la vitesse des eaux, après leur arrivée dans les canaux, soit constante, ou même croissante jusqu'à leur sortie.

Il paraîtrait naturel, pour satisfaire à cette condition et à celle d'un débit plus rapide des eaux, de réunir les deux points extrêmes par la ligne la plus directe, lorsque la disposition des lieux s'y prête ; mais il est d'autres considérations qui imposent à la vitesse qu'on doit admettre une limite supérieure.

Il faut éviter que la vitesse de l'eau, au fond des canaux, devienne assez grande pour dégrader leurs lits. On a dressé le tableau suivant des limites supérieures de la vitesse que l'eau peut prendre dans les canaux, selon la nature de leur fond, sans les dégrader.

Nature du fond.	Limites de la vitesse. au fond.	moyenne.
	m.	m.
Terres détrempées, brunes	0,076	1.101
Argiles tendres	0,152	0.202
Sables	0,305	0,406
Graviers	0,600	0,810
Cailloux	0,614	0,817
Pierres cassées, silex	1,220	1.623
Cailloux agglom., schistes tendres	1,520	2.021
Roches en couches	1,830	2.434
Roches dures	3,050	4,060

On peut donc dire que dans la plupart des cas la vitesse se trouve limitée entre 0m 80 et 1 mètre par seconde ; du reste, dans cette limite le limon et le sable fin tenus en suspension ne se déposent pas, et on peut toujours s'arranger de manière que les matières plus grossières s'arrêtent avant l'entrée de l'eau dans les canaux.

Desséchement du marais proprement dit. — Le canal de ceinture, en arrêtant, pour les conduire au dehors, toutes les eaux qui se dirigeaient dans le marais, réduit autant que possible la tâche du dessécheur, puisqu'il ne reste plus qu'à se débarrasser des eaux de pluie qui tombent directement sur le marais et des sources qui peuvent y déboucher. Les procédés, pour cette dernière partie de l'opération, dépendent de la position des lieux. Si la surface du marais est inférieure à celles de toutes les masses d'eau environnantes, il faut avoir recours aux machines d'épuisement ; si au contraire elle est assez élevée pour que les eaux puissent couler au dehors, il suffit d'ouvrir des canaux convenablement disposés pour leur donner passage.

1° *Desséchement à l'aide de canaux d'écoulement.* — Ce premier cas se divise lui-même en deux autres : celui où l'écoulement dans les canaux peut être permanent, et celui où il est intermittent, ce qui a lieu dans les marais dont les canaux débouchent dans l'Océan ou dans les fleuves à marées.

On examinera successivement dans ce qui va suivre ces deux classes de desséchements.

1. *Marais dont l'écoulement par les canaux émissaires peut être permanent.* — Pour donner un écoulement aux eaux qui naissent ou tombent à la surface proprement dite du marais, on établit d'abord un canal central, dirigé, sauf la légère variation que peut rendre obligatoire l'état des lieux suivant l'axe principal d'écoulement. On désigne ainsi le lieu des points où tendent à se rassembler les eaux pluviales tombant sur toute l'étendue du marais. Cet axe se détermine facilement au moyen des nivellements généraux du terrain.

On doit, comme on l'a déjà dit, éviter en général de faire arriver dans ce canal les eaux pérennes ; cependant il convient de se ménager le moyen d'y introduire, en temps de sécheresse, un volume d'eau vive suffisant pour entraîner les eaux croupissantes et s'opposer aux atterrissements. On amène les eaux dans le canal principal, tracé comme on vient de le dire, par des fossés auxiliaires placés entre eux, et par rapport au canal central, à des distances telles que l'eau tombant sur un point quelconque du marais ait toujours un récipient inférieur où elle puisse arriver avant que son mouve-

ment soit éteint par les obstacles qu'elle rencontre sur cette surface. Le tracé de ces fossés ne comporte d'autre loi générale que l'obligation de présenter une pente suivie depuis leur origine jusqu'à leur embouchure dans le canal central. Leur direction doit être inclinée sur celle du canal central de telle sorte que les lignes de plus grande pente des surfaces qui aboutissent au thalweg général soient coupées par plusieurs fossés à la fois. Enfin d'autres rigoles intermédiaires et d'une dimension moins considérable s'embranchent sur ces fossés et complètent l'ensemble des moyens d'assèchement de la surface.

Les dimensions du canal central qu'il est important de déterminer, *à priori*, dans les différents points de son parcours, se déduisent de la double condition de fournir un écoulement suffisant pour les pluies d'orage maxima, sans amener de débordement, et de ne laisser aux eaux ordinaires qu'un lit assez rétréci pour qu'elles y conservent toujours une vitesse qui ne permette pas les envasements et la stagnation. On détermine, comme pour les canaux de ceinture, les quantités d'eau à écouler dans un temps donné, la pente dont on peut disposer et la vitesse qu'on doit admettre ; la section peut donc se déterminer par des formules analogues à celles que nous avons déjà données.

La section du canal principal d'écoulement doit presque toujours présenter, comme celle des canaux de ceinture, un lit mineur pour les basses eaux, un lit majeur pour les grandes eaux, et une double ligne de digues dans les points où les grandes eaux extraordinaires pourraient produire des inconvénients sérieux. Dans tous les cas il est indispensable d'établir, le long des canaux, des fossés de ceinture destinés à recevoir les eaux affluentes des terrains voisins, à les laisser déposer et à les amener, après leur éclaircissement, dans le canal principal, par des ouvertures ménagées à cet effet.

Si le tracé le plus convenable a une longueur moindre que le développement nécessité par l'établissement des pentes, on rachète la perte de hauteur due à ce raccourcissement du parcours par une ou plusieurs chutes qu'on dispose à son gré, en ayant soin seulement de ne pas les faire trop considérables et trop rapprochées, pour éviter, d'une part, les dégradations qui accompagnent la chute d'une masse considérable d'eau, et, d'autre part, la destruction des pentes qui tendraient à se produire par les dénivellations qui accompagnent les crues dans les biefs trop courts.

Les dessèchements exécutés dans les circonstances dont il s'agit maintenant exigent surtout des travaux de terrassement, mais ne nécessitent aucun ouvrage d'art d'une nature particulière ou offrant des difficultés exceptionnelles. Quand les canaux sont navigables ils doivent présenter des écluses avec pertuis accolés; quand, au contraire, ils ne doivent servir qu'au dessèchement, des pertuis ou chutes, pour racheter les pentes trop fortes, sont les seuls travaux spéciaux qu'ils nécessitent. Les ponts et ponceaux établis sur les canaux et rigoles pour assurer les communications ne diffèrent en rien des travaux du même genre exécutés dans d'autres circonstances.

Beaucoup de marais appartenant à la catégorie qui nous occupe maintenant sont produits par les barrages des usines hydrauliques établies sur les cours d'eau. Quand on ne peut pas faire abaisser le niveau du bief qui produit l'inondation plus ou moins permanente des terrains riverains, on ne peut se débarrasser des eaux que par une véritable opération de dessèchement. Les travaux sont quelquefois trop coûteux pour qu'il soit possible de les exécuter avec avantage ; mais dans certaines circonstances, quand la nature du sol et la disposition des lieux le permettent, on peut, par des travaux très-simples, se débarrasser des eaux nuisibles. Il suffit d'ouvrir parallèlement et à une certaine distance du bief un fossé dont les terres servent à former une digue de défense, et à faire communiquer ce fossé par un aqueduc siphon établi dans la chaussée du moulin, ou autrement, avec le bief d'aval de l'usine. Quand les terres sont peu perméables, le travail que nous venons d'indiquer réussit très-bien et permet souvent d'assainir, avec une faible dépense, une grande étendue de terrain.

Parmi les nombreux marais desséchés que nous pourrions citer en France, nous nous bornerons à dire quelques mots du marais des Baux, dont les travaux ont été récemment terminés conformément aux projets dressés par M. Poulle. Le marais des Baux est situé dans le département des Bouches-du-Rhône. Sa surface avant le dessèchement se composait de :

Prés palustres	190,00
Marais fauchés	360,00
Marais bourbeux	961,80
Étangs	312,98
	1,824,78

La surface du bassin, dont il fallait écouler les eaux, était de 24,466 hectares y compris celle du marais lui-même. La disposition des lieux n'a point permis d'établir de canal de ceinture. Le canal principal reçoit, par conséquent, toutes les eaux qui arrivent au marais. Il communique avec les étangs et débouche dans le deuxième bief du canal d'Arles à Bouc ; il a 7 mètres de largeur au plafond, et peut débiter 17 à 18 mètres cubes d'eau par seconde. Des rigoles secondaires et des fossés d'assainissement complètent le dessèchement. On a calculé qu'il pourrait arriver dans le marais jusqu'à 50 mètres cubes d'eau par seconde, en temps d'orage. Ces eaux extraordinaires s'accumulent dans deux grands étangs qui ne seront pas desséchés et dont la capacité est de plus de 4 millions de mètres cubes, et s'écouleront ensuite peu à peu par le canal principal.

La dépense totale du desséchement, y compris les frais de conduite des travaux, et les intérêts des sommes avancées pendant l'opération, s'est élevée à 1,208,772 fr. La plus-value, fixée à 1,000 fr. par hectare pour les prés palustres, à 1,100 fr. pour les marais fauchés et à 1,150 pour les marais bourbeux, s'élève à la somme de 1,559,700 fr.

2. *Marais dont l'écoulement ne peut être permanent.* Quand la surface d'un marais à dessécher n'est point sensiblement supérieure au niveau des hautes marées au point où débouche son canal de desséchement, l'écoulement des eaux ne peut plus être permanent, et l'opération se complique de considérations différentes des précédentes et que nous allons maintenant indiquer.

La surface d'un marais à dessécher, quand son niveau est inférieur à celui des hautes marées et supérieur à celui des basses, doit être, avant tout, entourée d'une digue qui la préserve de l'invasion périodique des eaux. Ces digues ne diffèrent pas de celles qui seront décrites dans les paragraphes suivants; il est inutile de s'y arrêter maintenant. Mais les canaux d'écoulement présentent des particularités qu'il est nécessaire d'indiquer, ainsi que le mode de détermination de leur capacité et de leur section.

Les canaux de desséchement dont le niveau est compris entre celui des hautes et des basses marées, au point où ils débouchent, traversent naturellement les digues d'enceinte du marais et se terminent par des ouvrages plus ou moins importants garnis de portes s'ouvrant de dedans en dehors, pour permettre aux eaux du marais de s'écouler pendant la basse mer et pour empêcher la rentrée des eaux extérieures. La construction de ces ouvrages varie suivant l'importance de l'émissaire, depuis les portes d'écluses de la plus grande dimension jusqu'aux vannes ou clapets de quelques décimètres de section. Les clapets que l'on emploie ordinairement sont de simples panneaux en bois garnis de ferrures et pouvant tourner autour d'une charnière située à leur partie supérieure. Ces clapets ferment ordinairement l'ouverture d'aval d'un aqueduc pratiqué dans la digue. Ils cèdent à la pression des eaux intérieures aussitôt que leur niveau dépasse celui des eaux extérieures, et s'appliquent au contraire sous la pression de ces dernières contre les châssis qui les supportent aussitôt que la mer revient à une hauteur suffisante. Ces clapets fonctionnent ainsi d'eux-mêmes, mais ils sont sujets à se déranger, et ne se ferment quelquefois pas en temps utile, par suite de l'interposition de corps étrangers. On leur préfère donc, pour les travaux d'une importance moyenne, des vannes à treuil ou à crémaillères, et que manœuvrent aux heures convenables des agents responsables et spécialement chargés de ce service. Quant aux portes de flot, elles ne diffèrent pas de celles des canaux ordinaires, et leur installation ne peut-être confiée qu'à des constructeurs expérimentés.

Les canaux, terminés comme nous venons de l'indiquer, ne peuvent verser leurs eaux que pendant le temps où leur niveau est supérieur à celui des eaux extérieures. La première recherche à faire, dans ce cas, consiste à dresser des tables, ou plutôt à tracer des courbes, indiquant d'une manière précise les différentes hauteurs des eaux extérieures pour chaque instant d'une marée déterminée. Ces tables ou courbes, résultats d'expériences répétées et de calculs assez délicats, indiquent le temps que les portes, vannes ou clapets peuvent rester ouverts chaque jour, et les différences successives de niveau qui existeront entre le plan d'eau du canal de desséchement et celui des eaux extérieures. On possède alors les éléments nécessaires à la détermination, à peu près exacte, du volume d'eau qui pourra s'écouler du canal de desséchement pendant chaque marée, par une ouverture déterminée. Ce volume d'eau doit être égal à celui qui s'est accumulé dans le marais pendant le temps réuni de l'ouverture et de la fermeture des orifices, que l'on peut alors calculer en conséquence.

Le débouché des canaux émissaires du desséchement n'est point la seule considération à faire entrer en ligne de compte dans leur établissement. Non-seulement il faut qu'ils puissent débiter pendant le temps de l'ouverture des portes le volume total d'eau à écouler, mais il faut encore que la capacité des derniers biefs soit telle que l'eau qui s'y réunit pendant le temps de la fermeture des portes puisse y être entièrement contenue et ne déborde pas sur les terrains voisins. On est souvent obligé de construire, près de l'extrémité du canal, un réservoir spécial, pour remplir cette dernière condition; les eaux se réunissent dans ce bassin et en sortent pendant l'ouverture des portes. Ces bassins de réserve permettent, jusqu'à un certain point, de réduire les orifices, parce qu'ils donnent le moyen d'évacuer, au besoin, en plusieurs marées les eaux dont il aurait sans eux fallu se débarrasser en une seule. La capacité de ces bassins régulateurs, si l'on peut s'exprimer ainsi, se détermine toujours assez facilement, dans chaque cas particulier, en tenant compte du volume d'eau qu'ils peuvent accidentellement recevoir.

Les marais dont la surface est comprise entre le niveau des hautes et basses mers sont en France les plus nombreux et les plus importants. Il s'étendent sur une grande partie du littoral de la Manche et de l'Océan, et occupent quelquefois d'immenses surfaces. Les départements maritimes du sud-ouest ne contiennent pas, à eux seuls, moins de 200,000 hectares de marais de cette espèce. Le département de la Manche, aux environs de Carentan, renferme aussi de vastes pâturages appartenant à cette catégorie de terrains, et justement célèbres par leur valeur absolue et la qualité de leurs produits.

2° *Desséchements à l'aide de machines.* —

Lorsque la surface des marais est inférieure au niveau de toutes les eaux environnantes, on ne peut parvenir à les dessécher qu'en élevant les eaux, à l'aide de machines, à un niveau supérieur à celui des mers, lacs ou rivières qui peuvent les recevoir. Les perfectionnements continuels des roues et machines à élever l'eau et l'accroissement progressif de la valeur des terres, donnent à ce genre d'opérations un intérêt de plus en plus grand, qui nous oblige à l'étudier avec soin. Un seul ingénieur anglais, M. Glyn, a établi en quelques années dix-sept machines, représentant ensemble une force de 870 chevaux, et destinées au dessèchement de plus de 50,000 hectares de marais.

Dans les dessèchements par machines, l'établissement des canaux de ceinture est, comme on l'a déjà dit, plus indispensable que dans toutes les autres espèces de travaux de ce genre. Ces canaux s'établissent du reste en suivant les règles précédemment exposées, et sur lesquelles il est inutile de revenir en moment.

Le volume total des eaux à évacuer chaque année (abstraction faite des sources, qui, du reste, sont très rares dans les marais de ce genre) est égal au produit de la surface du marais multipliée par l'épaisseur annuelle de la couche d'eau de pluie diminuée de l'eau qui s'infiltre dans le sol et de celle qui est enlevée par l'évaporation. La détermination de ces deux dernières quantités est toujours assez incertaine et ne peut se faire que par analogie ; mais comme il vaut toujours mieux se tenir au-dessus qu'au-dessous de la vérité, il convient d'estimer aussi bas que possible ces deux chiffres et de porter ainsi un peu trop haut le volume d'eau à enlever. En désignant ce volume, exprimé en mètres cubes, par V, par h la hauteur moyenne à laquelle il faut élever l'eau, la force, en nombre de chevaux, nécessaire au moteur, supposée constamment agissant, serait :

$$\alpha \frac{1000\,V.\,h}{75 \times 31536000.} = \frac{\alpha\, V\, h}{2365200.}$$

En appelant en outre

α le rapport du travail moteur au travail utile pour la machine élévatoire que l'on se propose d'employer. Les moteurs n'agissant que périodiquement, il convient d'ailleurs, comme on l'a déjà dit, d'être toujours au-dessus de la vérité dans tous les calculs de cette nature ; de sorte que l'on adopte généralement un nombre double ou triple de celui que fournit la formule que l'on vient d'indiquer. Il est bien entendu d'ailleurs que la capacité des canaux, ou des réservoirs y annexés, est suffisante pour recevoir les eaux d'un grand orage et les conserver jusqu'à ce que la machine, par son travail régulier, ait pu les enlever.

La disposition des canaux de dessèchement est du reste très-simple ; les eaux, réunies par des canaux, fossés ou rigoles plus ou moins rapprochés, sont amenées dans un vaste bassin où la machine élévatoire les prend et les élève à la hauteur convenable. La capacité de ces réservoirs, ajoutée à celle des canaux, doit être assez grande pour recueillir toutes les eaux tombées pendant une série de jours pluvieux, en sus de ce que peut enlever à chaque instant la machine d'épuisement, afin que les eaux sortant des canaux n'inondent pas les parties basses des marais. La pente des canaux dans les dessèchements de cette espèce peut être plus faible encore que dans tous les autres ; leur section se calcule d'ailleurs d'après le volume d'eau qu'ils doivent écouler.

Lorsqu'il existe entre les différents points du marais des différences notables de niveau, on partage la surface en plusieurs zones dont on recueille les eaux dans des bassins situés à des hauteurs inégales, afin de réduire autant que possible, comme on le verra dans les exemples suivants, la hauteur à laquelle il faut élever l'eau. Les moteurs ordinairement employés pour les dessèchements de marais sont les moulins et les machines à vapeur (*Voy. ces mots*). Les machines élévatoires sont des roues à palettes emboîtées dans des coursiers, des vis d'Archimède, et quelquefois diverses espèces de pompes.

En Hollande, on estime qu'un moulin à vent, avec quatre ailes de 12 à 14 mètres de longueur et de 2 mètres de largeur, peut élever 60 mètres cubes d'eau à 1 mètre en une minute. Ils peuvent travailler soixante jours par an environ ; mais dans les calculs on compte seulement que chaque moulin élève par an 3 millions de mètres cubes d'eau à 1 mètre.

Quelques exemples éclairciront mieux, du reste, la question des dessèchements par épuisement que ne pourraient le faire de plus longues explications.

Moères françaises. Les moères formaient autrefois, aux environs de Dunkerque, un immense lac de plus de 3,000 hectares. Il fut en partie desséché au commencement du XVIIe siècle ; mais bientôt après, en 1646, le gouverneur de la ville de Dunkerque, qui était assiégée, fit ouvrir les écluses comme moyen de défense de la place, et tous les travaux, envahis par les eaux, furent en partie détruits. Vers 1780, on entreprit de nouveau de dessécher les moères ; la révolution interrompit le travail, qui fut repris en 1802 et terminé bientôt après.

La moère française, dont la surface est de 1,700 à 1,800 hectares, est maintenant entourée d'un canal de ceinture ; des canaux de dessèchement tracés perpendiculairement les uns aux autres sillonnent le marais et conduisent les eaux vers différents points de la circonférence où sont établis deux moulins à vent à roues à palettes échelonnées, et six moulins à vis plus ou moins éloignés les uns des autres. Les canaux secondaires de dessèchement ont environ 1 mètre de largeur moyenne. La section des canaux principaux augmente en approchant des moulins. Leur largeur moyenne est de

5 à 7 mètres. Les vis et les roues à palettes jettent les eaux dans le canal de ceinture, qui débouche lui-même dans un autre canal allant à la mer.

Les moulins à vent ont quatre ailes de 13 mètres de longueur chacune et de 2 mètres de largeur, dont 1m,50 en toile et 0m 50 en planches. Les vis sont à trois filets; elles ont 8 mètres de longueur, 2 mètres de diamètre extérieur; le noyau a 0m 50 de diamètre. La hauteur à laquelle elles élèvent l'eau varie de 1m 70 à 2 mètres, suivant les saisons. Les roues à palettes, quoique d'un grand diamètre, ne peuvent pas élever l'eau à beaucoup plus de 1 mètre, de sorte qu'il faut deux moulins avec roues à palettes pour élever l'eau à la hauteur nécessaire.

Desséchements hollandais. — Une grande partie de la Hollande est, comme on sait, au-dessous du niveau de la mer. Ce n'est qu'à force d'art que ces riches contrées ont été conquises sur les eaux, et qu'on peut les défendre contre ce terrible ennemi. C'est dans ce pays qu'il faut étudier les desséchements; nulle part on ne les fait plus simplement et sur une plus grande échelle. D'excellents ouvrages, écrits par les ingénieurs les plus expérimentés, ont rendu classique dans ce pays ce genre de travaux.

Il existait en Hollande, en 1844, pour le service des desséchements, 2,445 moulins à vent de grande dimension, dont 61 à vis et les autres avec roues à palettes. Ces chiffres indiquent assez les immenses services que rendent ces machines. De toutes les opérations modernes de desséchement, la plus gigantesque est celle du lac de Harlem, qui s'exécute en ce moment. Le lac de Harlem occupait, au commencement du XVIe siècle, moins de 4,000 hectares de superficie. Depuis lors il n'a cessé de s'agrandir avec une effrayante rapidité: en 1641, il occupait déjà une étendue de près de 14,000 hectares, lorsque Jean Andriaanszen Leegwater dressa un projet complet de desséchement auquel il ne fut pas donné suite.

Les envahissements successifs du lac continuaient leurs ravages, lorsque, enfin, par une loi votée le 2 avril 1838, le gouvernement hollandais, après bien des tentatives infructueuses et restées sans résultat, se décida à supprimer de l'intérieur du pays cette plaie dévorante. Les ouvrages furent commencés en 1840 et touchent aujourd'hui à leur terme.

Le canal de ceinture du lac de Harlem, destiné à recevoir et à conduire à la mer les eaux que les machines enlèvent du lac, et une partie de celles qui y affluaient autrefois, forme une voie de grande navigation. Il a 29 mètres au plafond, 45 mètres au niveau du plan horizontal passant par le *o* de l'échelle d'Amsterdam (plan que nous désignerons, pour abréger, conformément à l'usage hollandais, par A. P.), et 3 mètres de profondeur. Le plafond est, à peu près à la cote, 3m 90—A. P. La crête de la digue entre le canal et le lac est arrasée à peu près à une hauteur de 2m 20+A. P.

La profondeur du lac de Harlem varie de 3 à 4 mètres au dessous de A. P. La cote inférieure des eaux dans les canaux de desséchement, pendant l'été, sera comprise entre 4m 90 et 5m 00—A. P.

La masse d'eau contenue dans le lac, au commencement du desséchement, était de 700 millions de mètres cubes environ. La plus grande différence entre l'épaisseur de la couche tombée et l'eau évaporée a été en un mois, sur une période de quatre-vingt-dix-huit ans, de 0m 1657; on a ajouté à cette couche d'eau, pour tenir compte des infiltrations possibles à travers les digues, une épaisseur de 0m 0343, de sorte que les machines d'épuisement ont été établies de manière à pouvoir enlever après le desséchement, par mois, un volume d'eau égal à la surface du lac multipliée par 0m 20, c'est-à dire 18100000 m. c., × 0m 20 = 36200000 mètres cubes d'eau. Le volume total à enlever chaque année, déduction faite de l'évaporation, et estimé à 54,845,000 mètres cubes.

On a reconnu qu'en raison de l'irrégularité et du peu de durée de leur action, les moulins à vent devaient être remplacés, dans cette grande opération, par des machines à vapeur. Ces machines sont au nombre de trois, nommées *Leegwater*, *Cruquius* et *Van Lepeden*. La première fait mouvoir 11 pompes, les deux autres chacune 8 d'un plus grand diamètre. La machine de Leegwater, peu différente des deux autres, a deux cylindres concentriques assis sur la même plaque inférieure et communiquant entre eux par la partie supérieure du plus petit, qui a 0m 037 de hauteur de moins que le plus grand. Le cylindre extérieur a 3m 66 de diamètre, et le cylindre intérieur 2m 140. La course du piston est de 3m 047. Le petit cylindre est alésé intérieurement et extérieurement, pour recevoir un piston intérieur et le piston annulaire qui frotte sur lui et sur le grand cylindre. Le piston du petit cylindre porte une tige de 0m 304 de diamètre, et le piston annulaire quatre tiges traversant, comme la première, le couvercle des cylindres à travers des boîtes à graisse. Ces cinq tiges de piston sont fixées à leur partie supérieure dans une immense masse de fonte. Ce bloc de fonte appuie, par sa face inférieure et par l'intermédiaire de galets en fonte, sur l'extrémité des balanciers qui font mouvoir les pompes.

La machine a cinq chaudières de 9m 14 de longueur chacune, et de 1m 83 de diamètre. Un tube cylindrique de 1m 21 de diamètre traverse cette chaudière dans toute sa longueur. La flamme et les produits de la combustion reviennent sous la chaudière, passent devant sa partie antérieure et vont gagner la cheminée par deux carneaux latéraux. Une chambre à vapeur de 12m 80 de longueur et de 1m 84 de diamètre est placée au-dessus des bouilleurs, perpendiculairement à leur direction, et peut communiquer avec chacun d'eux. Le tuyau de prise de vapeur a 0m 609 de diamètre. Le volume total occupé par la vapeur, dans les bouil-

teurs, dans la chambre et dans les conduits, est de plus de 37 mètres cubes ; de sorte qu'on empêche ainsi complétement la machine de primer. La consommation de combustible n'est que de 1k 20 par heure et par cheval, quand on marche avec une force de 350 chevaux.

Chaque cylindre occupe le centre d'une tour. Les balanciers des pompes oscillent sur des paliers fixés dans des embrasures ménagées dans les murs de la tour. Leurs extrémités opposées à la machine portent des tiges de fer terminées par des chaînes qui soulèvent les pistons des pompes disposées circulairement dans le canal qui enveloppe la tour.

La machine, y compris les bâtiments et tous les accessoires a coûté 900,000 fr., dont 375,000, pour les bâtiments seulement.

Les pompes de la machine Leegwater ont 1m 60 de diamètre, celles des deux autres machines ont 1m 85. La course de leurs pistons est égale à celle du piston de la machine à vapeur. Les pistons de ces pompes ont une construction fort remarquable. Ils se composent simplement de deux grandes valves en tôle et en cuir remplissant le corps de pompe pendant la montée du piston, et s'appliquant l'une sur l'autre à la descente.

Dans les pompes de 1m 85, le piston est guidé par deux tiges verticales qui n'existent pas dans celles de 1m 60. Ce genre de piston, très-convenable dans des appareils de grand diamètre, ne serait évidemment pas applicable à des petits corps de pompes, où des fuites, même peu importantes en elles-mêmes, produiraient une forte perte de travail. Les soupapes du fond des pompes sont construites d'une manière analogue aux pistons eux-mêmes.

Nous donnerons encore un exemple assez remarquable de desséchement, d'autant plus intéressant qu'il se rapproche par son étendue de beaucoup de travaux analogues que l'on pourrait entreprendre en France. C'est celui de Nootdorp, près de La Haye, que vient de terminer M. l'ingénieur Greeve, auteur d'un excellent Mémoire sur les desséchements. Ce polder est d'une étendue de 1,000 hectares environ.

Le desséchement a été opéré et est entretenu par une machine à vapeur et trois moulins à vent. La machine à vapeur met en mouvement, simultanément ou successivement, deux vis. La plus basse élève l'eau du niveau de l'étiage des canaux de desséchement au niveau du bassin régulateur, situé trois mètres plus haut. Les moulins à vent, ou la deuxième vis de la machine, reprennent l'eau de ce bassin et l'élèvent encore à une hauteur de deux mètres, pour la jeter dans les canaux qui doivent la conduire à la mer.

Si le desséchement du lac de Harlem est la plus gigantesque entreprise de desséchement connue, celui du Zuid-Plas, terminé il y a peu d'années, était une des plus difficiles à exécuter, à cause de la grande profondeur des eaux qu'on a été obligé d'élever à plus de six mètres. Le Zuid-Plas, comme tous les marais desséchés de Hollande, est entouré d'un canal de ceinture et d'une digue.

Le creusement des fossés d'écoulement est la partie la plus délicate et la plus pénible des desséchements. On l'entreprend aussitôt que les eaux sont à peu près enlevées et que le sol, encore vaseux, peut supporter des ouvriers dont les pieds sont garnis de planches qui les empêchent d'enfoncer dans la terre molle. On sème en même temps du colza qui pousse bien sur les terrains de cette espèce et concourt énergiquement à la consolidation du sol.

Dans les desséchements de l'espèce qui nous occupe, les fossés et canaux de desséchement occupent près de 0,1 de la surface totale. La surface de Zuid-Plas est de 4,600 hectares environ. La dépense du desséchement s'est élevée à 3 millions.

Desséchements en Angleterre. — Depuis vingt ans les machines à vapeur ont presque complétement remplacé les moulins à vent dans les marais de l'Angleterre. Entre Lincoln et Cambridge il y avait autrefois 700 moulins à vent; il n'en reste pas plus de 200 aujourd'hui. Les machines à vapeur, dans le Lincolnshire, sont au nombre de 70 environ; leur force varie de 10 à 80 chevaux chacune. Elles font, en général, mouvoir des écoupes et élèvent l'eau de 1m 83 à 4m 87 et même à 6m 09. L'étendue ainsi desséchée n'est pas de moins de 89,688 hectares.

Parmi les marais desséchés par la vapeur, on peut citer les suivants :

DÉSIGNATION DES MARAIS.	ÉTENDUE.	MACHINES EMPLOYÉES.	
		Nombre.	Force.
	hect.		
Deeping-Fen, près Spalding, Lincolnshire	10100,00	2	80 et 60
Marsh-West-Fen, Cambridgeshire	1454,40	1	40
Misserton-Moss	2424,06	1	40
Littleport-Fen, près d'Ély (soixante-quinze moulins à vent étaient autrefois employés dans ce district)	11312,00	2	30 et 40
Middle Fen (Cambridgeshire)	2828,06	1	60
Waterbeach-Level, entre Ely et Cambridge	2020,00	1	60
Magdalen-Fen, près Lynn, Norfolk	1616,00	1	30
March-Fen-District, Cambridge	1030,80	1	30
Fetwell Fen, près de Brandon	969,60	1	20
Soham-Mere, Cambridgeshire (ancien lac)	645,40	1	40

Quand toutes les eaux étrangères sont détournées par un canal de ceinture, il ne reste à la machine à enlever que l'eau de pluie. Dans ces parties de l'Angleterre il en tombe souvent 0m66 par an. Mais une partie est enlevée par l'évaporation, et les ingénieurs anglais estiment qu'il suffit de pouvoir se débarrasser par mois d'une quantité d'eau répondant à une couche de pluie de 0m0508, c'est-à-dire de 508 mètres cubes par hectare. Une machine de dix chevaux élèverait cette masse d'eau à 3m04 de hauteur en 34 minutes 19 secondes, c'est-à-dire qu'une machine de cette force, en faisant seulement vingt journées de douze heures par mois, pourrait dessécher 415 hectares environ. Ce sont à peu près les données pratiques admises dans le Lincolnshire.

Les écoupes à vapeur dont on vient de parler s'adaptent très-bien aux machines à simple effet de Cornouailles, et leur simplicité nous engage à les faire connaître. L'écoupe a 7m60 de longueur et 9m14 de largeur divisée par une cloison verticale et longitudinale en deux parties égales. Une machine de soixante chevaux peut élever dix-sept tonnes d'eau à chaque oscillation; elle dépense 1k36 par heure et par force de cheval.

3° *Puits forés et puisards absorbants.* — Dans tout ce qui précède, on a supposé que l'eau du marais à dessécher pouvait s'écouler par sa pente naturelle à travers un canal, ou devait être enlevée par des procédés mécaniques. Dans certains cas particuliers, quand la couche imperméable du marais repose sur un sol perméable et absorbant, on peut se débarrasser des eaux, sans avoir recours à l'ouverture de canaux ou à l'établissement de machines, en perçant la couche imperméable par un trou de sonde (*Voy.* PUITS ARTÉSIENS), ou par un véritable puits, que l'on remplit ensuite de grosses pierres, et dont on recouvre l'ouverture par un lit de branchages ou autres substances analogues, formant une espèce de filtre, pour retenir les matières terreuses qui obstrueraient rapidement le puisard ou *boit-tout*. Le marais de l'Archaut, en Gatinais, est un des dessèchements les plus importants effectués par cette méthode.

Un puits foré absorbant, établi à Bondy, a débité jusqu'à 133 mètres cubes de liquide en vingt-quatre heures. Plusieurs résultats analogues ont été obtenus par différents sondeurs. Il existe dans quelques localités, à Cujes par exemple, des *embucs* naturels qui donnent issue aux eaux surabondantes d'un bassin fermé.

Les puisards absorbants doivent être ouverts au point le plus bas du terrain à dessécher, pour que l'eau puisse y arriver au moyen de rigoles disposées à cet effet. Ces puisards ont de 4 à 8 mètres de profondeur et 2 ou 3 mètres de diamètre. On leur donne une forme conique, si le sol n'est pas assez résistant pour se tenir suivant des lignes verticales. Si on ne peut pas pousser assez profondément le puits pour rencontrer la couche absorbante, on fait au centre un trou de sonde dont le tuyau s'élève à une certaine hauteur. L'intervalle compris entre ce tuyau et les parois du trou est rempli de pierres brutes, pour éviter les éboulements, et le tout est recouvert, comme on l'a déjà dit, de pierres plates et de fagots.

L'inconvénient principal des puisards absorbants est l'impossibilité où l'on est de fixer d'avance le volume d'eau qu'ils pourront absorber, volume du reste presque toujours assez limité, puisque le forage que nous avons cité débiterait à peine, en vingt-quatre heures, le volume d'eau tombé dans le même temps, par une forte pluie, sur un hectare de terrain. Nous n'insisterons pas davantage sur ce moyen de dessèchement, dont on fait usage dans certaines opérations de drainage.

4° *Colmatages.* — Toutes les méthodes indiquées dans ce qui précède, pour le dessèchement des marais reposent sur l'abaissement du plan d'eau au-dessous du niveau du sol. On conçoit que l'on arriverait au même résultat en élevant la surface du terrain lui-même au-dessus du niveau des eaux, par des remblais convenables. Ces remblais, à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles, ne peuvent s'exécuter économiquement qu'en faisant déposer, sur les terres à remblayer, les parties solides que les torrents et les rivières à fortes pentes entraînent dans leur cours. Cette opération se nomme *colmatage*, du mot qui la désigne en Italie, où elle est employée sur une très-grande échelle. On produit aussi des remblayements de terrains bas, au moyen des eaux troubles chargées de limons très-fertiles, que le flot soulève à chaque marée, à l'embouchure de la plupart des rivières qui arrivent à la mer.

Toutes les opérations de colmatage, quelle que soit l'origine des eaux que l'on emploie, consistent à faire arriver les eaux troubles sur le terrain en couches aussi épaisses que possible, à laisser déposer les parties solides, puis à faire écouler les eaux éclaircies, pour recommencer la même série d'opérations.

Le terrain à colmater est entouré d'une digue, élevée jusqu'à la hauteur à laquelle on peut maintenir les eaux. Cette digue est coupée d'un côté pour recevoir le canal d'amenée, et interrompue, du côté d'aval, par une ouverture garnie de poutrelles. Ces poutrelles forment un barrage provisoire qui communique avec un canal de décharge, et doivent être disposées de telle sorte qu'il soit facile de les enlever successivement pour faire écouler par déversement les eaux éclaircies. Quand on opère sur les côtes avec les eaux soulevées par la marée, les ouvrages sont un peu plus compliqués, et peuvent même prendre une très-grande importance s'il s'agit de surfaces considérables. Les digues d'enceinte du terrain sont percées par des aqueducs ou canaux éclusés garnis de vannes et quelquefois d'èbe et de flot, que l'on manœuvre en temps utile pour faire entrer les eaux troubles à marée haute et faire sortir les eaux éclaircies à marée basse.

Lorsque les terres à colmater présentent une très-grande étendue ou une pente un peu sensible, on partage la surface, par de petites digues ou bourrelets, en une série de bassins où l'on fait séjourner l'eau. On empêche par cette division la formation des vagues qui s'opposeraient au dépôt, et d'un autre côté on évite de trop grandes inégalités de hauteur d'eau et la surélévation inutile et dispendieuse des digues d'aval.

Quand la profondeur à combler est considérable, on commence, si cela est possible, par y amener des eaux torrentielles charriant des galets et de gros graviers. Ce qui produit le double avantage d'accélérer le remblayement et de former sous la terre cultivable un sous-sol poreux très-convenable. Quelquefois, pour profiter plus rapidement et successivement des résultats du colmatage, lorsque surtout l'espace à combler offre une assez grande profondeur, on ne répand point, à la fois, les eaux sur toute la surface. On limite, par une digue, une certaine étendue voisine de l'embouchure du canal d'amenée. Lorsque ce premier espace est comblé, on le met en culture, et on prolonge à travers la surface ainsi conquise le canal d'amenée, pour combler de même une certaine étendue limitée à la suite de la première, et ainsi de suite successivement.

Avant d'entreprendre une opération de colmatage, on doit se rendre compte de la quantité de matières solides tenues en suspension dans l'eau, et, quand on opère avec des eaux torrentielles, du nombre de jours de crues par an. La détermination de la quantité totale des matières solides peut s'obtenir en filtrant un peu d'eau à travers un papier sans colle; mais il est plus simple et peut-être plus conforme aux besoins de la pratique de se borner à laisser déposer l'eau dans une éprouvette graduée ou tout autre vase, de décanter l'eau arrivée au degré de limpidité dont on devra plus tard se contenter, de recueillir et de peser le dépôt.

On possède assez peu de données bien positives sur la quantité de troubles contenus dans les eaux de nos rivières. L'eau de la Durance en grandes crues contient 4k179 de matières solides par mètre cube, et 0k279 seulement en moyenne. L'eau du Rhin en renferme, dit-on, 0,02; celle de certaines rivières d'Angleterre, de la Trent, par exemple, jusqu'à 0,08. On ne saurait toutefois garantir l'exactitude de ces derniers chiffres. Les eaux du Rhône, en 1844, d'après les observations de la commission hydrométrique de Lyon, ont renfermé, au maximum, 493 grammes de dépôt par mètre cube, au minimum 7 grammes, et en moyenne 138gr8. L'eau de la Saône contient, au plus, 100gr4 de dépôt par mètre cube; au moins, 8gr4, et en moyenne 40 grammes. Des expériences faites sur les eaux de la Meuse, puisées au pont de la Goffe, à Liége, tous les jours du mois de décembre 1849, ont donné les résultats suivants. La plus grand quantité de matières tenues en suspension dans les eaux de la Meuse, marquant alors 3m20 à l'échelle du Pont-des-Arches, a été de 0gr474 par litre. La plus petite quantité, de 0gr014. La moyenne du mois a été de 0gr10, soit 1/10,000 de poids de l'eau. Voici, du reste, les moyennes des résultats répondant à différentes hauteurs d'eau :

HAUTEURS de la MEUSE.	QUANTITÉ de dépôt séché à 100°, par litre d'eau.	NOMBRE de jours d'observation.
m. m.	gr.	
1,25 à 1,50	0,0447	4
1,00 à 2,00	6,0499	15
2,10 à 2,50	0,1062	7
2,75 à 2,88	6,1492	2
3,15 à 3,25	0,3795	3

On rappellera ces derniers résultats en parlant des limonages et des irrigations.

Quand on s'est rendu compte de la masse d'eau que l'on pourra introduire sur le terrain, et de sa richesse en matières solides, on peut évaluer le temps nécessaire à l'opération et calculer ses résultats probables. Il ne reste plus alors qu'à établir des digues et les canaux d'amenée et d'évacuation des eaux. La pente des canaux d'amenée doit être suffisante pour que la vitesse de l'eau soit assez forte pour ne pas laisser déposer les matières solides. Cette vitesse doit donc varier de 0m10 à 0m80 et plus, suivant que le torrent ou le cours d'eau charrie des limons fins, des sables ou des graviers.

Les travaux de colmatage avec des eaux de rivières les plus remarquables de France se rencontrent sur l'Ardèche, la Drôme, l'Hérault et l'Ouvèze. On peut, dans certains points, produire avec les eaux de cette rivière des exhaussements de 0m16 par an. En général, on n'atteint pas, tant s'en faut, cette hauteur pour profiter plusieurs années de suite de ce puissant moyen de fertilisation. Les travaux se rapprochent alors des simples limonages dont nous parlerons plus loin. On estime de 250 à 300 francs par hectare les frais de colmatage exécutés dans des circonstances ordinaires.

On obtient quelquefois indirectement, comme résultat de travaux de navigation, de magnifiques colmatages, résultat naturel de dispositions dont le but primitif n'était pas celui-là. Ainsi, dans les travaux de la Seine maritime, derrière les digues en pierres sèches qui dessinent le chenal, se sont produits en quelques années des atterrissements très-étendus et qui promettent des terrains d'une grande fertilité. A la fin de 1850, les terrains ainsi colmatés avaient une étendue de plus de 1,400 hectares ainsi distribués :

Rive droite de la Seine :

		hect.
Commune de	Vilequier	25,62
—	Norville	131,45
—	Saint-Maurice	215,83
—	Petite-Vil	206,34
	Id.	296,78

Rive gauche de la Seine :

	hect.
Report	958,00
Commune de Saint-Nicolas	74,15
— Vatteville	359,25
— d'Aizier	9,86
— Vieux-Pont	4,98
	1406,24

Quelquefois, quand les localités s'y prêtent, on accélère beaucoup le remblayement d'un terrain en faisant tomber et en délayant dans les eaux du canal d'amenée les terres des coteaux contre lesquels il s'appuie. Cette opération porte le nom de *terrement*. Les eaux sont alors dérivées par larges coupures sur le sol à terrer. Elles se répandent en couches minces et abandonnent la plus grande partie des terres qu'elles entraînaient. On rend encore plus complet ce dépôt en établissant de place en place, transversalement au courant, des rangées de fascines, retenues par des piquets, à travers lesquelles l'eau éprouve une espèce de filtration et un ralentissement qui facilite le dépôt. La surface des terres où l'on fait ainsi écouler les eaux ne doit pas présenter une pente de plus de 0 m 004 à 0 m 005 par mètre, sans quoi le sol se ravinerait et les dépôts ne se formeraient pas. Le procédé du terrement est fréquemment employé dans certaines parties de l'Allemagne. Cette opération revient de 150 à 400 francs par hectare.

On n'insistera pas davantage ici sur les procédés de colmatage. Ces opérations, par une transition insensible, se transforment en *limonages* qui ne sont que des colmatages par très-faibles couches de matières fertilisantes.

III. Endiguement, défense des rives. — Nous ne mentionnons ici, en quelque sorte que pour mémoire, le sujet qui fait l'objet de cette section. Les grands travaux d'endiguement et de défense des rives des rivières et des fleuves ou des côtes de la mer, ne peuvent être exécutés que par des ingénieurs de profession, avec le concours, ou au moins sous la surveillance active de l'Etat; d'ailleurs, il existe sur cette matière un grand nombre d'ouvrages spéciaux. Les agriculteurs et les propriétaires ne peuvent avoir à s'occuper que des travaux de faible importance exécutés au droit de leurs propriétés, et, en général, sur des torrents ou ruisseaux ni navigables, ni flottables. C'est seulement de ces petits ouvrages que nous dirons quelques mots.

Endiguement des ruisseaux. — Les petits torrents et les ruisseaux à pente rapide sont sujets à des débordements d'autant plus désastreux que le sol des vallées que traversent ces cours d'eau a, en général, une assez forte pente, et que les eaux y acquièrent une telle vitesse, qu'elles entraînent les récoltes ou les semences et les fumiers, et quelquefois même la plus grande partie de la couche de terre végétale. Il ne saurait être question, pour le moment, des causes des débordements et des mesures d'ensemble qui pourraient les prévenir ou en atténuer les effets. Le mal existant, le seul moyen pour les propriétaires d'y porter remède consiste à protéger leurs terrains des ravages des eaux par des endiguements économiques convenablement disposés.

Le tracé des digues exige une attention soutenue. Il doit se composer d'alignements droits raccordés par des courbes tangentes de rayons aussi grands que possible. L'ensemble du tracé de la digue doit envelopper la direction générale du ruisseau, mais sans être assujetti à en suivre les coudes brusques et les irrégularités qui produiraient des tourbillons et faciliteraient l'attaque et la destruction des ouvrages. La distance entre les deux digues parallèles tracées de chaque côté du ruisseau dépend de la masse des eaux à écouler. L'espace existant entre le pied de la digue et le bord du ruisseau est occupé par des prairies bien gazonnées pour résister aux affouillements. Les extrémités de la digue doivent être soigneusement enracinées dans le terrain insubmersible. Cette partie de l'ouvrage exige un soin tout spécial pour que les eaux ne tournent pas la digue qu'on leur oppose et ne parviennent pas à la détruire en peu de temps.

Le mode de construction de la digue le plus économique et le plus approprié aux travaux ruraux consiste à l'exécuter en terre ou en graviers, à la revêtir en terre végétale et en gazons, et à planter au sommet une haie d'épines ou d'autres arbustes analogues. Les dimensions des digues dont il s'agit dépendent de leur hauteur. Pour les travaux de l'ordre de ceux dont nous nous occupons, c'est-à-dire pour des digues n'excédant pas 2 à 3 mètres de hauteur, on donne ordinairement 0m 50 à 0m 60 de largeur au sommet, avec un talus incliné de 1,50 ou 2 de base pour 1 de hauteur, du côté des cours d'eau, et incliné à 1 ou 1,50 de base pour 1 de hauteur, du côté des terres. Lorsque l'on peut disposer d'ouvriers soigneux, on remplace avec avantage le talus, du côté du cours d'eau, par une courbe concave qui se raccorde mieux avec le terrain naturel. Voici maintenant comment on procède à l'opération, après avoir arrêté le tracé de la digue, sa hauteur et son profil. On enfonce dans le sol, de 20 mètres en 20 mètres environ, des jalons dont les sommets, élevés à 0m50 au-dessus des plus hautes eaux, indiquent le tracé de l'arête intérieure du couronnement de l'ouvrage. Au droit de chacun de ces jalons, on enfonce deux piquets qui marquent le pied des talus. Celui de ces piquets qui est du côté de la rivière est placé à une distance du pied du jalon égale à deux fois la hauteur de ce jalon, si on a adopté le rapport de 2 à 1 par le talus de ce côté de la digue. La distance de l'autre piquet au pied du jalon s'obtient en ajoutant à la largeur au sommet une fois ou une fois et demie la hauteur du jalon lui-même.

Le piquetage ainsi terminé, on commence

par enlever les gazons et une partie de la terre végétale sur toute la largeur que doit occuper la digue, en mettant de côté ces matériaux qui serviront à son revêtement. On apporte alors les terres qui doivent former le remblai, et on les pilonne fortement, en les arrosant au besoin, par couches de 0m 20 à 0m 30 d'épaisseur, en leur donnant le profil adopté, moins l'épaisseur que doit occuper le revêtement de terre et de gazons. Quand on a du gravier à sa disposition, il est très-convenable d'en mettre, au centre de la digue, un noyau enraciné dans le terrain naturel pour s'opposer au passage des taupes dont les ravages sont funestes aux ouvrages de cette espèce. On peut également, pour des travaux très-soignés, quand on dispose à la fois de terre franche et de gravier, déposer sur chaque couche de terre une couche de gravier à peu près de même épaisseur et que l'on pilonne jusqu'à ce qu'elle ait pénétré dans la couche de terre. On remet une seconde couche de terre, puis une couche de gravier, et l'on continue ainsi jusqu'à l'achèvement du travail. Dans les travaux difficiles, où l'on ne craint point une légère augmentation de dépense, on peut arroser la terre graveleuse ou le sable avec un lait de chaux, au lieu d'eau pure, avant le pilonnage. On forme ainsi des masses d'une extrême compacité. Quand la digue est formée comme on vient de le dire, on la recouvre de la terre végétale mise de côté, que l'on bat bien également, et enfin on applique les gazons mis d'abord en réserve, ou pris sur les terrains voisins.

Pour éviter de transporter les terres nécessaires à la construction de la digue, on les prend habituellement dans un large fossé ouvert parallèlement à la direction de l'ouvrage, du côté des terres. En donnant à ce fossé une faible profondeur et en le raccordant par une pente douce avec le terrain, on peut le conserver en culture et ne pas perdre la surface qu'il occupe.

Quand le sol sur lequel on établit une digue est très-poreux et que l'on peut craindre que l'eau ne s'infiltre sous la digue, on l'enracine au sol par une tranchée creusée à une certaine profondeur, et que l'on remplit de terres bien pilonnées, comme la digue tout entière. Si l'on craint une crue avant que les gazons de revêtement n'aient fait prise, on les fixe au moyen de chevilles en branchages enfoncées dans le corps de la digue, ou bien par de grandes perches couchées sur le sol et fixées, de place en place, par des piquets. On peut économiser les gazons en ne les posant pas jointivement, les espaces vides s'herbent assez facilement, quand le temps est convenable, et que l'on a bien battu les mottes de gazon pour les faire taller sur leurs bords.

Il convient de ménager de place en place dans les digues de petites buses en bois, fermées par des clapets, pour permettre l'écoulement au ruisseau des eaux de pluie et autres qui pourraient, sans cela, s'accumuler derrière les digues.

Les digues élevées le long des côtes de la mer, pour défendre des inondations les terrains submersibles, sont beaucoup plus fortes que celles dont on vient de parler. Leur sommet doit être arrasé à une assez grande hauteur au-dessus des plus hautes mers, pour que les vagues ne puissent pas le dégrader. L'inclinaison du talus exposé à la mer est extrêmement faible, il est réglé en général à raison de 4 à 6 mètres et même plus de base pour 1 mètre de hauteur. Du côté de la terre, le talus peut n'avoir que 1 mètre 1/2 de base pour 1 mètre de hauteur. Un fossé est creusé à une certaine distance et parallèlement à la digue du côté des terres. Les déblais de ce fossé servent à l'établissement de la digue elle-même.

La fondation de ces digues, quand le terrain n'est point solide, doit être poussée assez profondément pour éviter tout accident. Le mode de construction de l'ouvrage dépend de la nature des matériaux dont on dispose ; le corps de la digue est presque toujours en terre ou en gravier, mais la nature des revêtements est extrêmement variable ; quelquefois on emploie des pierres disposées en perrés, ou en enrochements, d'autres fois des fascines ou des clayonnages ; enfin, dans certaines circonstances, il faut protéger la digue contre les flots et la fortifier de place en place par des épis d'une construction plus ou moins compliquée. L'exécution de ces différents ouvrages est fort difficile ; elle exige des précautions multipliées, et ne saurait être confiée qu'à des constructeurs expérimentés. On ne pourrait, du reste, entrer ici dans les développements nécessaires à cet égard sans sortir des limites qui nous sont imposées. Les traités spéciaux de construction peuvent seuls fournir sur cette matière des détails circonstanciés.

Corrosions. — Les eaux des ruisseaux torrentiels ne se bornent pas toujours à se répandre en nappes plus ou moins épaisses et plus ou moins rapides sur les terrains qu'elles inondent. Souvent elles corrodent leurs rives, même en basses eaux, et enlèvent successivement à l'agriculture des surfaces plus ou moins considérables. Les rives ainsi attaquées peuvent être défendues au moyen d'enrochements, de perrés, de fascinages, etc. Nous n'indiquerons que les plus simples et les plus économiques des travaux de cette espèce, ceux, en un mot, que les particuliers peuvent avoir à exécuter sur leurs propriétés pour remédier aux corrosions partielles produites par les ruisseaux qui traversent leurs terrains.

On se borne quelquefois à défendre les rives corrodées au moyen d'enrochements jetés à leur pied, ou bien en dressant en pente douce la surface du sol et en la recouvrant d'un perré posé avec soin sur un lit de gravier. Mais ces deux méthodes exigent un entretien continuel et sont trop coûteuses, pour convenir dans les cas ordinaires. Il convient, en général, de se borner à battre au pied et un peu en avant de la rive attaquée une rangée de forts piquets un peu

inclinés; entre lesquels on entrelace des clayons; on remblaye l'espace compris entre le clayonnage et la rive en pierrailles ou en terre forte; puis on raccorde par une pente douce, revêtue de gazons, la partie supérieure de ce remblai avec la surface du sol. Si l'action destructive du courant était fort énergique, on pourrait employer un double rang de piquets séparés par un intervalle de 0^m 80 à 1 mètre, rempli de forts graviers bien tassés. On fait ordinairement les piquets dont on vient de parler en branches de saule, qui reprennent bien dans l'eau, et forment, au bout d'un certain temps, une haie vive très-résistante.

MAROQUIN. *Voy.* TANNAGE.

MÉTIER A LA JACQUART. — On donne le nom de *métier* à des machines qui servent à la confection d'étoffes diverses. Le métier que nous allons décrire, en ajoutant les perfectionnements qu'il a dus au génie de *Jacquart*, s'emploie dans la fabrication des étoffes de prix. Nous empruntons cette description à M. L. Louvet.

« Dans le métier ordinaire, un certain nombre de fils parallèles, tendus également entre deux rouleaux ou *ensouples*, composent ce qu'on nomme la *chaîne*. Chacun de ces fils passe isolément entre les dents d'un *peigne* ou *rot*, formé d'un nombre égal de petites lames minces et régulières qui séparent les deux fils voisins. Ce peigne est fixé dans une châsse ou battant mobile qui reçoit, autour d'un axe, un mouvement oscillatoire déterminé par la main du tisseur ou par un agent mécanique, de sorte que le peigne parcourt un arc de cercle assez grand. Au delà du peigne, chaque fil de la chaîne passe en outre dans un anneau, soit en fil, soit en verre, suspendu de manière que si, par un moyen mécanique quelconque, on fait monter ou descendre l'anneau, le fil qui le traverse s'élève ou s'abaisse avec lui, son élasticité lui permettant de céder à l'attraction. Dans le tissage ordinaire, ces anneaux sont en fil et disposés entre deux tringles de bois. Deux séries de ces anneaux sont nécessaires pour un tissu uni. Dans l'une passent tous les fils pairs de la chaîne; l'autre reçoit tous les fils impairs. Ce sont ces anneaux ou fils qu'on appelle *lisse*; les séries portent aussi ce nom, ou prennent quelquefois celui de *lames*. On comprendra maintenant que, les choses étant disposées de façon qu'en appuyant sur une pédale une des lisses ou série d'anneaux s'élève tandis que l'autre s'abaisse, il en résulte que les fils de la chaîne se séparent un à un; qu'une moitié, celle des fils pairs, par exemple, s'élève; que l'autre moitié, c'est-à-dire tous les fils impairs, s'abaisse, et qu'ainsi inclinés les uns par rapport aux autres ils forment entre eux un angle plus ou moins grand, selon que l'attraction de la pédale et des lisses est plus ou moins forte. Les fils étant séparés de la sorte, on fait passer, on *lance* entre eux, et en avant du peigne, la *navette*, morceau de bois sur lequel est enroulé un fil qui, dans sa marche rapide, se déroule horizontalement en une direction perpendiculaire aux fils de la chaîne, qu'il traverse, ceux qui sont abaissés, en dessus, ceux qui sont levés, en dessous. Ce fil prend le nom de *trame*; et une longueur égale à la largeur du tissu, c'est-à-dire ce qui s'en déroule à chaque passage de la navette, s'appelle une *duite*.

« Lorsqu'une duite est jetée, on amène en avant le peigne, qui régularise sa position et la serre plus ou moins entre les duites précédentes, en sorte que le tissu est d'autant plus serré que le peigne agit avec plus de force contre la trame. Dès que la duite a été ainsi serrée par le peigne, le tisseur appuie le pied sur une autre pédale qui renverse la disposition précédente des fils de la chaîne, c'est-à-dire que les fils impairs sont élevés par leurs lisses, tandis que les fils pairs sont abaissés par les leurs, mais de manière à former entre eux le même angle d'inclinaison qu'auparavant. La duite précédemment jetée se trouve alors enveloppée par les fils de la chaîne, qui se sont croisés sur elle. On fait passer une nouvelle duite en retour, et ainsi de suite de droite à gauche, puis de gauche à droite. C'est ainsi qu'on produit les tissus les plus simples; les tissus unis qui, comme on le voit, se composent de fils longitudinaux parallèles, s'entre-croisent alternativement autour de fils transversaux également parallèles, de manière que les fils qui recouvrent le dessus d'une duite recouvrent le dessous de la duite suivante, et réciproquement; ce dont on peut s'assurer par la seule inspection d'un morceau de toile ou de tout autre tissu uni, taffetas, etc.

« Mais si, au lieu de deux lisses, on en emploie un plus grand nombre, par exemple quatre, et que les anneaux consécutifs de la même lisse reçoivent les fils de la chaîne de quatre en quatre; si enfin la disposition des lisses est telle que, lorsqu'une d'elles est élevée, elle reste dans cette position pendant le passage de deux duites pour s'abaisser ensuite, en sorte qu'il y en ait toujours deux d'élevées, quoiqu'il n'y en ait qu'une de changée à chaque passage de la navette, il en résultera un croisement des fils qui donnera au tissu un aspect chevronné. L'espèce de tissu ainsi produit prend le nom de *croisé*: tels sont les coutils, les mérinos, etc.

« En multipliant le nombre des lisses, on peut faire varier beaucoup l'apparence du tissu, chaque fil de la chaîne pouvant passer sur une plus ou moins grande quantité de fils de trames avant de traverser d'une face à l'autre du tissu, c'est-à-dire de l'endroit à l'envers. Si l'on organise le mouvement de ces lisses de manière que deux ou plusieurs fils consécutifs de la chaîne traversent le tissu entre les deux mêmes duites avant de retraverser le tissu, on obtient alors un dessin régulier formant des côtes obliques allant d'une lisière à l'autre; ces côtes pourront être plus ou moins chevronnées et représentent des carreaux, des losanges, etc.

« Supposons maintenant que certains fils de

la chaîne soient élevés ou abaissés pendant le passage d'un nombre de duites plus ou moins grand que celui qui détermine le croisement régulier des autres fils de la chaîne, il en résultera, pour les points du tissu où ces fils auront été placés dans des conditions différentes des autres fils, une apparence particulière. Si ces fils ont été abaissés, la trame sera plus à découvert en ce point à la surface supérieure et plus recouverte de l'autre côté ;. le contraire aura lieu si les fils ont été élevés. Enfin, la différence sera encore plus sensible si la trame est d'une autre matière ou d'une autre couleur que la chaîne. Si donc, par un moyen quelconque, on peut choisir tels ou tels fils de la chaîne pour les soustraire à l'entrecroisement régulier des autres fils, ce choix produira un dessin ou un ornement plus ou moins parfait, suivant le goût de la personne qui fera agir les fils. On parvient à ce résultat en rendant les anneaux indépendants les uns des autres, et en tirant en temps utile les cordes auxquelles les lisses sont attachées par groupes séparés. Mais, comme il serait impossible à l'ouvrier de savoir quel groupe de lisses il doit tirer à chaque instant pour les besoins du dessin qu'il exécute, si sa mémoire ou son intelligence devait seule les lui indiquer, on a recours à un autre ouvrier, nommé *liseur*, qui suit le dessin sur une feuille de papier où il est tracé au moyen d'un nombre considérable de petits carreaux formés par des lignes perpendiculaires entre elles. Chacun de ces carreaux figure le point de croisement d'un fil de la chaîne et d'un fil de la trame, et leur coloration différente sur le dessin indique si en ce point le fil de la chaîne doit être levé ou abaissé. Des lignes plus grosses, disposées de dix en dix ou de cinq en cinq, permettent au liseur de reconnaître rapidement les cordes à tirer pour lever les fils de la chaîne indiqués par le dessin. A sa voix, un autre ouvrier, nommé *tireur de lacs*, tire les cordes convenables, et le tisseur lance la navette. Plusieurs navettes chargées de trames de diverses couleurs sont à sa disposition ; s'il lance celle que demande le dessin, qu'elle lui soit indiquée par le tisseur ou par un fil semblable adapté au groupe de lisses levé par le tireur de lacs, il produira non seulement des dessins très-variés de formes, mais aussi de couleurs. Seulement, la lenteur d'un pareil procédé devait arrêter la production des étoffes brochées, que l'on fabriquait ainsi, et l'on comprend toute l'importance de l'invention de Jacquart, dont le résultat fut de supprimer le travail du tisseur et du tireur de lacs, en sorte que le tisseur peut à lui seul et plus facilement produire le dessin désiré.

« Dans le métier Jacquart, chaque lisse (ou groupe de lisses) est adaptée, au moyen d'une ficelle, à une tige verticale en fil de fer terminée en haut par un crochet. Ces tiges sont disposées sur plusieurs rangs ; un poids ou un petit plomb suspendu au-dessous de chaque lisse les ramène à l'état libre lorsque rien n'agit sur elle. Chaque tige verticale traverse un œil pratiqué dans une autre tige horizontale, ce qui forme deux systèmes d'aiguilles en nombre égal. Les aiguilles horizontales sont aussi disposées sur plusieurs rangs, et guidées par des trous percés à cet effet dans deux pièces de l'appareil, où elles ont un mouvement de va-et-vient horizontal ; l'une de ces pièces porte le nom d'*étui*, et chacun des trous qui y sont pratiqués renferme un petit ressort à boudin buttant contre l'extrémité de l'aiguille. Entre les rangs des aiguilles verticales et au-dessous des crochets sont disposées des lames métalliques retenues à leurs extrémités par un châssis qui, au moyen d'un levier mu par une pédale, peut s'élever verticalement et retombe de lui-même lorsqu'on cesse d'agir sur la pédale. Ce châssis, avec les lames qui le traversent, se nomme *griffe*; il est convenablement guidé dans son mouvement vertical pour ne dévier ni dans un sens ni dans l'autre. Lorsqu'on appuie sur la pédale, les lames de la griffe, en s'élevant, déterminent le soulèvement des fils de la chaîne par leur rencontre avec les crochets des aiguilles verticales, mais il ne faut généralement soumettre à l'action de la griffe qu'un certain nombre d'aiguilles ; pour cela il suffit de repousser les aiguilles horizontales correspondantes sur leur ressort à boudin : dans ce mouvement elles entraînent les aiguilles verticales qui traversent l'œil, et, par une légère déviation, elles amènent au-dessus des lames de la griffe les crochets des aiguilles qui doivent être soulevées pour élever les fils de la chaîne avec lesquels elles sont en communication par les lisses. La disposition contraire est possible, c'est-à-dire que les aiguilles repoussées peuvent dégager les crochets en prise. Maintenant, si, pour chaque duite à jeter, on a un moyen certain et indépendant de l'intelligence de l'ouvrier de repousser celles des aiguilles horizontales qu'il convient de faire rentrer pour l'exécution de la partie du dessin ou du fond du tissu qui correspond à cette duite, la fabrication du tissu ouvré deviendra aussi facile que celle du tissu uni. Voici comment Jacquart a résolu ce problème. Nous empruntons la description de son procédé à M. Bosquillon :

« Un prisme à base carrée, improprement « appelé cylindre, et pouvant tourner sur « deux tourillons, est adapté à un châssis « mobile sur un axe horizontal, de manière « que, lorsque le châssis est dans la position « verticale, une des faces du cylindre butte « contre une des extrémités des aiguilles « horizontales. Chaque face du cylindre est « percée d'un certain nombre de trous, dont « chacun reçoit l'extrémité de l'aiguille ho- « rizontale qui y correspond ; de sorte qu'en « cet état, quelle que soit la face du cylindre « en contact avec les aiguilles horizontales, « aucune n'étant repoussée, aucune des ai- « guilles verticales ne sera déviée, et par « conséquent, suivant la disposition adoptée, « tous les fils de la chaîne seront soulevés, « ou tous resteront en repos, si l'on élève la « griffe. Mais si, sur la face du cylindre en

« contact avec les aiguilles horizontales, on a « placé un carton percé de trous dont le nombre et la position auront été déterminés par « la partie du dessin que doit produire la « duite à jeter, les trous de ce carton laisseront en place les aiguilles horizontales qui « les traverseront et pénétreront dans les trous « du cylindre placé derrière, tandis que les « autres aiguilles horizontales qui ne pourront pas entrer dans les trous du cylindre, « bouché par le carton, seront repoussées par « celui-ci, dévieront les aiguilles verticales « correspondantes, et il en résultera, au « moment de l'ascension de la griffe, l'élévation des aiguilles verticales dont les crochets « seront en prise, et par conséquent le soulèvement des fils de la chaîne en communication avec ces aiguilles.

« Si maintenant nous concevons un nombre plus ou moins grand de cartons semblables percés chacun de trous, dont le nombre « et la position soient en rapport avec la partie du dessin que doit produire la duite « correspondante à chaque carton; si nous « concevons, en outre, tous ces cartons adaptés « les uns aux autres sous forme de chaîne « sans fin, et obligés d'arriver, dans leur « ordre successif, sur la face du cylindre en « contact avec les aiguilles horizontales, nous « comprendrons comment, sans aucune préoccupation du tisseur, les fils de la chaîne « convenables au dessin se trouveront levés à « chaque duite, et comment un dessin régulier pourra se trouver produit sans l'intervention du liseur de dessins et du tireur de « lacs. Si enfin les choses sont disposées de « manière que, lorsque la duite doit être d'une « couleur différente, un fil de cette couleur « se montre après une des lisses soulevées, le « tisseur reconnaîtra par là la navette qu'il « doit lancer, et il ne lui faudra qu'un faible « degré d'intelligence et d'attention pour produire ces magnifiques tissus si variés de « dessin et de couleur qui étonnent l'imagination par leur régularité et leur éclat. »

« Tels sont les principes sur lesquels Jacquart a fondé son ingénieuse machine, et qui, quelles qu'aient été d'ailleurs les modifications qu'on a tenté d'introduire dans la construction de l'appareil, ont toujours été respectées par ceux qui ont cherché et réussi à le perfectionner. Cette mécanique, depuis quarante ans, a été considérablement perfectionnée, et toujours elle appelle des modifications nécessaires pour obtenir de beaux et grands effets. C'est en voulant reproduire ces beaux dessins de châles qui nous arrivent de l'Inde que M. Bosquillon, ancien fabricant de châles, s'est occupé des moyens de les exécuter à moins de frais. »

Complétons ces données par l'exposé des perfectionnements introduits dans la mécanique de Jacquart par M. Bosquillon (1).

La combinaison nouvelle qu'il a adoptée, la précision dans l'exécution, lui donnaient la certitude de se récupérer des avances qu'il aurait faites, sur le prix de la *lecture* antérieure à la mise en activité de ses mécaniques. Le produit de ce travail était dans une telle proportion, que la différence du montant d'une *lecture* couvrait le prix de la mécanique Jacquart nouvelle. Ainsi, en mars 1842, époque où ces mécaniques commencèrent l'exécution des châles longs, M. Bosquillon établit la différence du prix des deux lectures d'un patron de 330 dizaines, 10 en 10, à 9 couleurs en 1640.

La carte lue à Paris donne deux cartons de 30,000, 60,000 à 30 fr. le mille.	1,800 fr.
La même carte lue par le nouveau piquage donne 1 carton, 30,000, à 40 fr.	1,200 fr.
Différence. . . .	600 fr.

C'était donc 600 francs d'économie qui compensaient le prix coûtant de la mécanique : les premières sont revenues à 400 fr.; elles font 1,640 par un seul carton.

Un patron de châle carré, de moitié de 1640, en 164 dizaines de 10 en 11 à 9 couleurs.

La carte lue à Paris donne deux cartons de 17,400 34,800 à 30 fr.	1,044 fr.
La même carte lue par le nouveau piquage donne un carton, de 17,400 à 40 fr.	696 fr.
Différence. . . .	348 fr.

Ainsi dans le dessin du châle carré la différence est de 348 francs.

Ces calculs, et ceux des dessins que M. Bosquillon a exécutés jusqu'à la fin de l'année 1847, constatent l'avantage des mécaniques Jacquart nouvelles, qu'il désigne sous le nom de *mécaniques Jacquart parisiennes*.

Il est facile d'établir les avantages que ces mécaniques procureront aux fabricants d'étoffes pour meubles, de damas, de linge damassé de table, de rubans et de toutes les industries textiles.

On sait que les mécaniques Jacquart sont construites à simple griffe ou à double griffe. Les mécaniques Jacquart parisiennes sont à simple griffe pour les tissages à un fil au maillon ou à la lisse, et à double griffe pour la fabrication des châles façon cachemire.

Une mécanique Jacquart en bois à simple griffe, en 200, en 400, en 300, en 600, a un cylindre percé du nombre de trous correspondants, et une griffe de 8 lames ou de 12 lames, suivant le nombre de rangées de trous dans la hauteur de l'une des faces du cylindre. Dans les mécaniques Jacquart parisiennes à simple griffe, la combinaison étend les divisions à 800, 900 et 1000.

La griffe est une pièce de la mécanique à lames en fer bien également espacées, qui est placée horizontalement au-dessus du corps ou de la garniture des aiguilles; sa fonction est d'élever, au moyen d'un tirage mécanique qui agit par le pied de l'ouvrier, les crochets, dont la tête dépasse les lames après avoir traversé l'anneau de l'aiguille. Les lames sont au nombre de 16 pour les cylindres de 800 des mécaniques en fonte;

(1) Extrait des *Bulletins de la Société d'encouragement.*

au nombre de 18 pour un cylindre de 900, et au nombre de 20 pour les cylindres de 1000. Les cylindres sont en cuivre, de la dimension d'un cylindre en bois, savoir : d'un 400 pour le cylindre de 800, d'un 500 pour le cylindre de 1000; celui de 900 est d'une dimension entre les deux 400 et 500 : cette combinaison n'existe pas dans la Jacquart en bois ordinaire.

Les mécaniques à double griffe n'ont également qu'un cylindre, mais elles ont deux griffes l'une au bout de l'autre, disposées dans une position horizontale; elles fonctionnent l'une après l'autre; le nombre des aiguilles est égal aux trous de l'une des faces du cylindre, comme dans toutes les mécaniques Jacquart lorsqu'elles travaillent en plein compte; mais elles sont plus longues, et ont chacune deux anneaux, suivant la division des lames des griffes, non compris la chasse. C'est dans ces anneaux que passent les crochets, qui sont d'une longueur proportionnée à la hauteur de la lisse des chaînes; d'un bout, ils ont la tête recourbée uniformément en un bec ou coupée en biseau, qui passe au-dessus de la lame de la griffe, par l'extrémité inférieure; ces crochets sont recourbés en deux branches, et c'est dans l'enfourchement que passe un collet auquel sont attachées les fourches ou arcades qui tiennent les lissettes des maillons et des plombs.

Dans les mécaniques à double griffe, le nombre des crochets est double; la moitié fonctionne par une griffe, l'autre moitié par l'autre griffe. Les aiguilles et les crochets sont faits sur des mandrins; ils sont en fil de fer de bonne qualité.

Le cylindre ordinaire est une pièce en bois à quatre faces régulières, portant à l'une de ses extrémités une lanterne en fer, et au centre du quadrilatère de chaque bout un tourillon ou axe en fer. Il est percé symétriquement de trous dont les centres sont espacés de 6 millimètres, par 26 sur la longueur et 8 en hauteur; ces 26 trous multipliés par 8, en deux tableaux séparés par la dimension d'un trou non percé, donnent 416 trous pour un cylindre dit de 400; ces 26 rangées de trous multipliées par 12 trous de hauteur donnent, pour chaque tableau, 312 et 624 pour les deux.

Le cylindre est placé entre les bras du battant; il est ajusté devant la planchette des aiguilles, pour que les têtes de ces dernières puissent entrer dans les trous du cylindre et en sortir sans le moindre frottement; l'ouvrier, qui avec son pied foule la marche du métier, oblige par ce mouvement l'arbre à bascule et la griffe de s'élever; celle-ci porte sur le devant de la mécanique un longécrou taraudé muni à son extrémité d'un galet qui entre dans un excentrique adapté au battant; à l'état de repos, le galet presse le battant et le cylindre contre la planchette des aiguilles. Lorsque la griffe s'élève, le galet, dans le parcours de l'excentrique, éloigne le battant du cylindre; ce dernier, arrivé au terme de son écartement, est forcé de tourner et de présenter une autre face par un crochet adapté à la jumelle de la mécanique; ce crochet, appelé *loquet*, a saisi un des coins de la lanterne, tandis que celle-ci, tournant avec le cylindre, comprime un ressort qui appuie, par son mouvement de rotation, sur le côté de la lanterne; ce mécanisme force le cylindre de présenter carrément une face à la planchette.

Les mécaniques doubles Jacquart en bois sont dans les divisions de 400/800, de 700/1,400, de 800/1600, de 900/1,800 : ces dernières sont énormes. Les mécaniques Jacquart parisiennes à double griffe sont en 800/1,600 et en 900/1,800; le cylindre a 800 à 900 trous dans la dimension correpondants à un 400/800; il ne faut qu'un seul carton pour exécuter le même dessin, qui se fait ordinairement par deux montures de cartons, deux mécaniques et deux cylindres en bois.

La division des trous des cylindres et des trous de matrice est à peu près la même que l'ancienne division Jacquart lyonnaise; elle est, du centre d'un trou à un autre, de 0m 006 $\frac{12}{10}$, soit 0m 006812 : cette différence en plus est si minime, qu'elle ne présente aucune difficulté pour dégarnir la mécanique de la moitié de ses aiguilles et de ses crochets, et la faire travailler avec un cylindre à grands trous; on peut ainsi exécuter de nouveau les anciennes lectures commissionnées.

Le cylindre de la mécanique Jacquart est la pièce qui a réuni dans sa forme et dans son perçage tout ce que l'on pouvait obtenir du semple dans l'ancien usage de la tire; la complication des dessins même de peu d'effet rendait cet ancien système impossible, outre qu'il était très-dispendieux.

La griffe, les aiguilles, les crochets ont remplacé avec de grands avantages les cassins, les poulies et la queue de rame. La lecture des cartons, assemblés en chapelet, a supprimé en grande partie la lecture aux lacs de fil avec les gavassines. Ainsi les mécaniques Jacquart ont remplacé généralement toutes les tires. A ces mécaniques on attache le corps de fourches ou arcades comme si celles-ci étaient attachées aux cardes de rame. Avec ces mécaniques, les fabricants ont exécuté de plus grands dessins; c'est en recherchant l'exécution avec économie qu'ils ont apporté de l'amélioration dans les constructions des mécaniques, et qu'ils ont fait faire des progrès à toutes les industries de tissage.

La mécanique Jacquart parisienne contribuera à rendre de nouveaux services par l'économie qu'elle procure pour l'exécution d'un grand dessin par un seul carton contenant le double de trous dans la même dimension; à cette économie, qui est d'un tiers, il faut ajouter l'ordre qui résulte du montage d'une seule mécanique en fonte, au lieu de deux mécaniques Jacquart en bois.

Du carton et de la lecture Jacquart. — Le carton est jusqu'à ce jour la meilleure ma-

tière employée pour exécuter avec une grande célérité les dessins destinés à être reproduits par le tissage au moyen de la mécanique Jacquart. Le prix de ce carton varie suivant sa qualité; les feuilles ont 0m73 à 0m74 de longueur sur 0m46 de largeur. On tire 1,100 cartons de 400 dans 100 feuilles, et un plus grand nombre en 200 et en 300; mais on en tire un nombre moindre en 500, 600, 700, etc., etc.

La lecture des dessins aux cartons de Jacquart est d'un prix élevé : depuis l'emploi des mécaniques, beaucoup de fabricants et de constructeurs ont cherché à économiser ces frais; M. Bosquillon, par l'application du piquage du carton, les a réduits de moitié. La mécanique Jacquart parisienne n'a qu'une lecture de cartons, qui font fonctionner d'une seule course 1,600 ou 1,800 cordes de dessin; la dimension de son carton est celle d'un carton de 400 à 450. Dans les mécaniques en bois, il faut deux cartons pour exécuter le même travail. La lecture des cartons de dessin est confiée à des hommes ou à des femmes munis d'une boîte dite d'*accrochage*. Le maître *liseur* remet à chacun de ses liseurs un morceau de carte des embarbes, un semple de cordes passées chacune dans des trous de deux barres, d'un gril formant une lissette nouée à la longueur de 0m15 à 0m16; ces cordes, qui se prolongent d'environ 2 mètres, sont rangées les unes à côté des autres contre une traverse de bois ou une tringle de fer.

Le semple, ainsi disposé, s'accroche à la boîte d'accrochage; l'ouvrier le dispose d'après l'ordre qu'il a reçu et s'occupe de lire le morceau de carte de dessin. Les cartes de dessin sont des papiers imprimés par des planches gravées en carreaux, dont les lignes en longueur représentent la chaîne et celles en travers les trames. Le dessinateur trace sur ces papiers les objets qu'il veut produire, puis il les peint ou les fait peindre à la corde, c'est-à-dire qu'il fait bien arrêter les contours des objets, pour que le liseur ne puisse pas être induit en erreur en prenant des cordes qui changeraient leur effet.

Quand le liseur ne s'occupe que de sa lecture, il passe une embarbe, après avoir réuni dans sa main gauche toutes les cordes de la course, qu'il a parcourues avec les doigts de la main droite. Les embarbes sont des cordes longues, quelquefois de 2 mètres 40, attachées une à une le long d'une cordeficelle forte appelée *arbre*. Le liseur en passe une dans le semple à chaque lac qu'il a fini de lire, et, lorsque toutes les prises d'une course sont terminées, il fait un nœud de ces embarbes; à chaque course il en fait autant, puis, quand le nombre de courses est arrivé à la dizaine du papier, il indique sur un papier le chiffre de la dizaine qu'il a terminée, et l'assujettit à la dernière embarbe. C'est dans l'attention du liseur, c'est dans l'ordre qu'il apporte à la lecture, que consiste une bonne exécution du dessin.

Les maîtres liseurs coupent et divisent les cartes de dessins en autant de parties qu'ils croient convenable pour mettre les parties en lecture entre plusieurs liseurs; ils ont l'attention de bien numéroter chaque partie, et la reçoivent avec la même désignation, pour ne pas faire d'erreurs lors de la rentrée des semples. Les lectures par les semples à accrochage permettent à des maîtres actifs de pouvoir livrer une lecture complète de plusieurs milliers de cartons dans des délais très-rapprochés. Dans les mécaniques Jacquart parisiennes la lecture et le piquage sont établis pour travailler avec la plus grande célérité.

Du piquage des cartons de Jacquart. — Le piquage des cartons s'exécute en grande partie, jusqu'à ce jour, au moyen de deux machines : 1° Un métier disposé avec des cordes, pour transmettre les prises des lectures des embarbes à des poinçons qui sont poussés dans une matrice placée au devant du bâti; 2° Une presse à balancier fixée solidement sur une table, recevant la matrice des poinçons. Cette matrice, détachée de la première machine, est placée sur d'autres matrices entre lesquelles on a passé un carton; alors, le tout étant poussé sous le plat de la presse, l'ouvrier fait agir le balancier, et le carton est piqué.

Ce mécanisme est ancien, il est peu expéditif; les plaques des matrices exigent souvent des réparations. M. Bosquillon a adopté le piquage accéléré pour compléter son nouveau système d'économie; il a remplacé la presse à bascule par une forte vis qui agit de bas en haut et permet de percer d'un seul coup un carton de 1,000 trous.

Les piquages accélérés réunissent, dans le même bâti, le tirage des embarbes, dont le semple a été replacé à la boîte d'accrochage, et le piquage des cartons, sans déplacement d'aucune matrice. Les matrices correspondent avec tant de régularité, qu'il n'existe pas le moindre frottement entre elles; elles durent longtemps avant d'avoir besoin de réparations.

Quand le liseur a terminé la lecture de la carte qui lui a été remise, il la rapporte, avec le semple garni de ses embarbes, au maître liseur; celui-ci lui rend un autre morceau de carte, un semple vide avec le gril, et de plus un paquet d'embarbes en quantité suffisante pour la lecture de la carte.

Le maître liseur est le propriétaire du piquage accéléré, pièce d'une haute valeur par sa construction et par le travail d'une très-grande complication de cordes, qui d'un côté sont fixées à la boîte d'accrochage, et de l'autre font descendre des poinçons dans les matrices. Ces cordes sont longues et en nombre double des trous des matrices du piquage; les trous des matrices sont en rapport exact avec les trous des cylindres des mécaniques Jacquart. Les cordes d'un côté, qui aboutissent à la boîte d'accrochage, sont attachées chacune à l'autre bout, à un plomb qui tient cette corde fortement tendue; de ces plombs partent d'autres cordes, dont chacune est accrochée à l'un des poin-

çons; la longueur de cette corde est limitée à la position élevée du poinçon.

Il résulte de cette disposition que, si l'on saisit un crochet de la boîte d'accrochage, on le tire à la longueur de 0m 15 à 0m16; on élèvera d'autant le plomb qui relâchera la corde du poinçon, alors celui-ci, abandonné à son poids, descend dans la matrice; si l'on tire plusieurs crochets, les poinçons correspondants aux plombs descendront. Lorsque l'on place à la boîte d'accrochage le semple chargé d'embarbes, un seul plomb n'a pas suffi, parce qu'il agissait en même temps sur le poinçon; alors on a enté une autre corde peu longue sur la corde de la boîte d'accrochage, et on y a suspendu également un plomb lourd, qui avec le premier contribue à maintenir l'équilibre du poids de semple.

Le maître liseur confie à un piqueur la direction du piquage; celui-ci apporte toute sa surveillance, son intelligence à piquer les cartons et à les placer dans le même ordre que son tireur a saisi les embarbes : ce piquage s'exécute simultanément par le tireur et le piqueur.

1° Le tireur, au moyen de l'embarbe, a saisi toutes les cordes du semple marquées par cette embarbe; il les tire en avant, soulève autant de plombs qu'il tient de cordes dans ses mains; les poinçons correspondants descendent dans les matrices. 2° Le piqueur saisit d'une main un peigne placé dans le bâti pour passer dans la coche des poinçons, et tire ce peigne à lui; les dents du peigne maintiennent les poinçons descendus; le piqueur fait alors agir la bascule ou la vis, et perce le carton qu'il a placé entre les matrices. Ce travail se renouvelle à chaque embarbe

Lorsque le piqueur a percé une quantité suffisante de cartons pour occuper une laceuse, il les lui remet dans l'ordre où il les a placés.

La laceuse a un bâti ou métier à lacer; elle dispose les cartons dans leur ordre et passe des cordes pour fixer ces cartons par un chapelet, en entrelaçant les ficelles qui passent dans les trous des cartons faits par le piquage.

Tous les cartons enlacés d'un dessin forment la *lecture* de ce dessin, divisée souvent en plusieurs paquets pour la facilité d'exécution et la commodité de l'ouvrier (1).

Le métier de Jacquart fournit à la France, et surtout à Lyon, les moyens d'augmenter ses produits dans le genre où une supériorité incontestable lui est acquise, la fabrication des tissus façonnés. Lyon, qui avait perdu une partie de ses débouchés pour les étoffes unies, devait les retrouver pour celles où le talent de ses tisseurs pouvait s'allier au goût de ses dessinateurs. Jacquart assura le succès de cette révolution dans l'industrie lyonnaise. Son métier affranchit en même temps la classe ouvrière d'un travail où se perdait la santé des enfants, qui, pour tirer les lacs, étaient obligés de conserver pendant des journées entières des attitudes forcées qui déformaient leurs membres et abrégeaient leur vie. Mais ce métier ne s'appliqua pas seulement à la soierie : bientôt on en fit usage pour le tissage des laines, des cotons, aussi bien que pour les étoffes de soie mêlées d'or et d'argent. Saint-Etienne et Saint-Chamond l'appliquèrent aux rubans, Paris, Reims et la Picardie à la fabrication des châles, Avignon et Nîmes à la florence et aux autres tissus variés; l'Angleterre l'importa pour le perfectionner, et Manchester en montra un grand nombre; la Prusse se l'appropria aussi avec succès, et l'invention de Jacquart est aujourd'hui un des plus puissants agents industriels.

METIERS A TISSER. — On donne ce nom à des machines qui servent à la confection des étoffes. La bonneterie (*Voy.* BAS), la tapisserie (*Voy. ce mot*), la broderie, la passementerie, la dentelle (*Voy. ce mot*), les toiles, les draps (*Voy.* DRAPS), les soieries (*Voy.* MÉTIER A LA JACQUART), etc., se fabriquent au métier. Nous allons passer en revue, en empruntant nos données au *Dictionnaire des Découvertes*, quelques-uns de ces métiers.

M. Biard, de Rouen, an XII. — Le métier complet de M. Biard, qui est propre au tissage des étoffes (vu en perspective), présente les montants du bâti, les traverses, les montants de la chasse, la cape de cette dernière, ou la traverse qui maintient le ros dans sa longueur en même temps qu'elle pèse dessus; les leviers de la même chasse, les cages pour recevoir la navette. Dans l'intérieur de chacune de ces cages est un petit taquet en fer, glissant dans les rainures et servant à lancer la navette, que de petits ressorts de pression empêchent de rebondir. Un mécanisme à charnière sert à donner le mouvement aux taquets. Cinq pièces qui donnent le mouvement à toute la machine, connue sous le nom de *biarde*, sont fixées sur un arbre moteur. Un grand levier, qui imprime le mouvement à la chasse, est assemblé à tenon au milieu de la pièce de bois qui porte le levier de la chasse. Deux limaçons assemblés sur l'arbre moteur servent à détendre tout à coup les ressorts au moyen desquels la navette se trouve lancée, tantôt à droite, tantôt à gauche. Deux roues excentriques fixées sur l'arbre moteur servent à mettre alternativement en jeu les marches, les contre-marches et les cames. Une double came ajustée sur le même arbre tient la chasse levée pendant le passage de la navette; une vis sans fin donne le mouvement à une roue; cette dernière fait mouvoir des cylindres au moyen d'un arbre et de la vis sans fin. Une corde maintient la chaîne tendue et roulée sur l'ensuple. Cette corde est égale à la longueur de la chaîne; elle se roule et déroule sur les cylindres, qui sont un peu coniques. Un autre cylindre reçoit la toile à mesure de sa fabrication, une roue mobile est placée à l'extrémité de l'arbre moteur. On la fait engrener ou désengrener à volonté avec un croisillon, au

(1) Voir le *Bulletin* de juillet 1849.

moyen d'un levier placé sur le côté du métier; ce qui donne le mouvement à la machine ou l'empêche de le recevoir. (*Brevets, non publiés*, an XIII.)

MM. Despiau et Renon, de Condom (Gers). — Il importait aux manufactures françaises de découvrir un moyen, non-seulement d'abréger l'opération du tissage, mais aussi d'épargner beaucoup de fatigue au tisserand en le dispensant de lancer la navette à la main. Ce problème vient d'être résolu par le nouveau perfectionnement que M. Despiau a adapté aux métiers ordinaires, et pour lequel il a obtenu un brevet d'invention. La Société d'encouragement ayant chargé des commissaires d'examiner ce perfectionnement et de lui en rendre compte, il est résulté des expériences faites sur ce métier: 1° qu'un ouvrier peut y soutenir le travail plus longtemps, et avec moins de fatigue que sur les métiers ordinaires, même ceux à navette volante; 2° qu'il fabrique en douze heures quatorze mètres vingt-cinq centimètres d'une étoffe, espèce de siamoise, de 98 centimètres de largeur, chaîne en fil, teinte en bleu, et trame en coton fin; tandis qu'un bon tisserand ne peut dans le même temps fabriquer à la main que quatre mètres soixante-quinze centimètres de la même espèce d'étoffe, sur les métiers ordinaires. Les expériences ont également prouvé que ce métier perfectionné peut être avantageusement employé à tous les genres de fabrication, notamment à la fabrication des draps ainsi qu'à celle des couvertures, toiles, etc.; que les additions et changements à faire au métier ordinaire entraînent peu de dépenses; que la construction du mécanisme qui lance la navette est simple, et n'exige aucuns frais d'entretien; qu'enfin le mécanisme s'adapte à tous les bâtis des métiers ordinaires.

Le mécanisme inventé par M. Despiau a été simplifié par M. Renon, son associé, et c'est de ce dernier perfectionnement que nous allons donner la description. Voici comment s'exécute l'opération du tissage: le tisserand, en foulant les marches pour ouvrir la chaîne, recule la chasse, et le dessous de la cage à navette vient presser la bascule qui abat le loquet à échappement et fait partir la verge du ressort dont le bout frappe contre le taquet qui chasse la navette. En donnant le coup de frappe, on appuie de nouveau sur les marches, et on remonte la branche du ressort au moyen d'une corde passant dans deux poulies, dont l'un des bouts est attaché à la contre-pédale et l'autre au ressort. Un autre poids suspendu à une petite corde communiquant avec le loquet à échappement fait remonter celui-ci pour qu'il retienne la branche du ressort. Ce mécanisme, qui est très-simple, permet à l'ouvrier de conserver ses mains libres, et il peut donner le coup de frappe, soit alternativement avec l'une et l'autre, soit simultanément avec les deux, lorsqu'il veut faire un tissu plus serré. Les ressorts placés de chaque côté et à l'extérieur du bâti du métier sont montés sur des plateaux fixés contre les montants. Ces ressorts, tournés en spirale, reposent sur une roue à rochet armée d'une détente, et l'on peut la serrer à volonté à l'aide d'une clef qui s'ajuste sur leur axe carré, afin de proportionner la force du coup de la branche de ces ressorts à la grosseur du fil enroulé sur la canette de la navette. Il arrive souvent que le fil se rompt lorsque le coup du ressort est trop violent, ou bien que la navette ne court pas jusqu'à l'autre bout de la cage, faute d'avoir reçu une impulsion assez forte.

Le moyen que M. Renon a imaginé remédie à tous ces inconvénients: la corde destinée à remonter le ressort passe dans deux poulies, dont l'une est logée dans une entaille pratiqué sur le bord extérieur d'une petite planche. Les bascules disposées au-dessous des plateaux sont portées par de petits étriers et font baisser le loquet à échappement, aussitôt qu'elles sont pressés par le dessous de la cage à navette. Ce loquet à échappement, qui est fixé contre le plateau, remonte, par le moyen d'un contre-poids, dès qu'il a dégagé la verge du ressort; le loquet de bois logé dans la cage à navette s'enfile sur une broche de fer, et son talon glisse dans une rainure. La navette roule sur quatre roulettes de cuivre pour faciliter sa course, et un ressort placé dans l'intérieur de la cage la retient et empêche qu'elle ne retourne par sa propre vitesse à l'autre bout de la foule, avant d'être chassée par le ressort.

M. Biard. — 1807. — Dans la description que nous avons donnée du métier de ce manufacturier, le mouvement de la navette s'opère par un ressort vertical qui se détend au moyen d'une roue à came, et communique, par un levier à angle droit, le mouvement au martinet qui chasse la navette. Il y a perfectionnement en ce que, dans les roues placées sur l'arbre pour faire agir les ressorts, les entailles, qui étaient verticales, sont maintenant horizontales, d'où il résulte un levier du premier genre qui est pris au tiers de sa longueur par une corde que l'on tord dans le même sens de chaque côté. Cette corde ainsi tordue, le levier devient un ressort suffisant. A la partie supérieure du levier, du côté de la plus longue branche, est attachée une corde qui tient au martinet qui chasse la navette. Ce martinet glisse sur une branche de fer placée au-dessus de la cage de la navette, est pris par une lame de fer qui tourne jusqu'au dessous de la cage, et va droit présenter son extrémité inférieure à la corde qui joint cette queue du martinet à la plus longue extrémité du levier élastique. La navette alors repousse le martinet en arrivant. On profite de cet effet au moyen du mécanisme dont la description suit, pour que le métier arrête seul lorsque la navette reste en chemin. Une roue mobile sur son arbre et sur laquelle passe la courroie du moteur, porte deux broches qui s'engagent dans le croisillon pour communiquer le mouvement du moteur à la grande roue du métier à l'aide des engrenages. Un levier

reçoit dans sa partie supérieure, qui a la forme d'une fourchette, la douille de la roue mobile, de sorte que le mouvement de ce levier, qui a lieu tantôt à droite et tantôt à gauche, fait engager les broches dans le croisillon ou les en fait sortir; ce qui rétablit ou interrompt le mouvement du métier. L'extrémité inférieure du même levier est retenue par la corde qui tient au martinet de la navette; cette corde suit ses mouvements et retombe sur la roue, lorsque lui-même retombe et lâche la corde. Le levier est alors rencontré par un crochet qui le pousse; c'est ce qui interrompt le mouvement. Un second crochet, diamétralement opposé au premier, remplit les mêmes fonctions que celui-ci; il est nécessaire, parce que la navette passe deux fois pendant que la roue fait une seule révolution.

1808. — Le second perfectionnement apporté par M. Biard à sa machine à tisser a pour but l'amélioration dans le tissage des toiles de fil, de lin et de chanvre. Pour obtenir une toile forte d'une bonne qualité, il est nécessaire que la chasse frappe deux fois: la première fois immédiatement après le passage de la navette et pendant que l'ouverture de la chaîne existe; la seconde fois lorsque l'ouvrier a croisé la chaîne sur le fil de la trame. M. Biard obtient ces effets en remplaçant dans sa machine: 1° les deux roues circulaires excentriques qui exercent la pression sur les pédales par deux pièces particulières; 2° la pièce qui détermine la chute du battant et qui sert à le relever, par une autre pièce qui donne deux chutes au battant pendant une demi-révolution. La première chute doit avoir lieu pendant l'ouverture de la chaîne, et la seconde lorsque la chaîne est croisée. Lors du départ de la navette, le battant est levé par un point situé sur la perpendiculaire à un des côtés du carré de l'axe; un autre point presse aussi perpendiculairement sur la pédale; un arc soutient le battant également levé, et un second arc pareil au premier sert à maintenir la chaîne également ouverte pendant le passage de la navette. Le premier coup de battant s'opère, et la pression sur la pédale s'exerce vers les points que l'on vient de désigner. Une dent soulève le battant et le laisse retomber une seconde fois; au second coup du même battant, la pédale est arrivée au point le plus près de l'axe; mais en même temps que cette première pédale s'est rapprochée de l'axe en parcourant 90 degrés, le croisement de la chaîne s'est opéré en passant sur l'autre pédale à l'instant même où le second coup du battant se fait. Le battant est ensuite relevé, et la seconde révolution a lieu et opère comme la première. Pour obtenir un tissu bien fait, il faut que le fil de la trame soit bien tendu. Il faut pour cela empêcher la réaction de la navette. C'est ce qu'on obtient au moyen d'un levier qui a quatre lignes d'épaisseur, et dont la surface est placée horizontalement et parallèlement à la navette. Le levier est tendu pour qu'on puisse introduire un petit coin en bois, au moyen duquel on règle à volonté la pression sur la navette. (*Brevets non publiés*, 1810.)

M. X. Buchet a obtenu un brevet de cinq ans pour un métier de tisserand au moyen duquel on peut faire plusieurs pièces à la fois. Le corps de ce métier est à peu de chose près le même que celui d'un métier à calicot; la différence entre ces deux métiers consiste principalement dans le battant, qui est différemment disposé, suivant la largeur des pièces. Pour les pièces étroites, telles que le nankin, le battant porte dans sa partie inférieure une coulisse dans laquelle se meut un conducteur portant trois taquets ou petits morceaux de bois, qui chassent les deux navettes volantes, qui n'ont pas de roulettes et qui sont plus petites que celles ordinairerement en usage, ce qui leur permet de se mouvoir plus facilement. Ce conducteur est retenu par deux vis, et peut, à l'aide de deux rainures allongées, avoir tout le mouvement nécessaire. C'est au moyen d'une poignée placée au milieu de ce conducteur que le tisserand, par un mouvement de va-et-vient à droite et à gauche, opère la chasse des deux navettes. Pour les pièces plus larges, les navettes sont mises en mouvement par l'impulsion de taquets glissant le long de tringles en fer rond. A ces taquets sont attachées des cordes qui passent sur des poulies, et qui se réunissent et se fixent à une poignée en bois, avec laquelle le tisserand fait agir les navettes. (*Brevets publiés*, tome IV, page 281.)

M. Lecoq, menuisier à Rouen, 1813. — La Société d'émulation de Rouen a décerné une médaille d'argent à M. Lecoq pour un perfectionnement dans les métiers à tisser au moyen duquel plusieurs navettes chargées de fils de plusieurs couleurs, se trouvent placées suivant le besoin de l'ouvrier, sans que le travail du tissage se trouve ralenti. (*Moniteur* de 1813, page 652.)

MÈTRE, SYSTÈME MÉTRIQUE. — En voyant le nombre prodigieux de mesures en usage non-seulement chez les peuples, mais dans la même nation, leurs divisions bizarres et incommodes pour les calculs, la difficulté de les connaître et de les comparer, enfin l'embarras et les fraudes qui en résultent dans le commerce, l'Assemblée constituante sentit qu'elle rendrait le plus grand service à la société en imposant à la France et en proposant à tous les peuples l'adoption d'un système de mesures dont les divisions uniformes se prêtassent plus facilement au calcul, et qui dérivassent de la manière la moins arbitraire d'une mesure fondamentale indiquée par la nature.

Le 8 mai 1790, cette célèbre assemblée rendit un décret d'après lequel le roi des Français devait engager le roi de la Grande-Bretagne à réunir aux savants français, choisis par l'Académie des sciences, un nombre égal de savants de la Société royale de Londres, pour déterminer en commun la longueur du pendule simple qui bat la seconde à la latitude moyenne de 45° et au niveau de la mer.

Cette longueur devait former l'unité des mesures que les deux nations auraient ensuite propagées parmi tous les peuples civilisés. Les événements politiques ne permirent pas cette réunion et la commission des académiciens français dut agir seule. Elle avait trois points principaux à fixer : la division du système, le choix de l'unité, et le rapport des diverses mesures à cette unité fondamentale.

L'avantage de la division en nombre égal à celui des chiffres de la numération est trop incontestable pour qu'il n'ait pas dû être admis dès l'abord. Mais il fallait se décider entre le système décimal en usage et le système duodécimal, dont l'introduction eût exigé un changement complet dans nos moyens de numération et d'arithmétique. Les difficultés que présentait une pareille innovation arrêtèrent les savants commissaires, et l'habitude prévalut.

« L'identité du calcul décimal, a dit Laplace, et de celui des nombres entiers ne laisse aucun doute sur les avantages de la division de toutes les espèces de mesures en parties décimales; il suffit, pour s'en convaincre, de comparer les difficultés des multiplications et des divisions complètes, avec la facilité des mêmes opérations sur les nombres entiers; facilité qui devient plus grande encore au moyen des logarithmes, dont on peut rendre, par des instruments simples et peu coûteux, l'usage extrêmement populaire. A la vérité, notre échelle arithmétique n'est point divisible par 3 et par 4, deux diviseurs que leur simplicité rend très-usuels. L'addition de deux nouveaux caractères eût suffi pour lui procurer cet avantage ; mais un changement aussi considérable aurait été infailliblement rejeté avec le système de mesures qu'on lui aurait subordonné. D'ailleurs, l'échelle duodécimale a l'inconvénient d'exiger que l'on retienne le produit de douze premiers nombres, ce qui surpasse l'ordinaire étendue de la mémoire, à laquelle l'échelle décimale est bien proportionnée. Enfin, on aurait perdu l'avantage qui probablement donna naissance à notre arithmétique, celui de faire servir à la numération les doigts de la main. On ne balança donc point à adopter la division décimale, et pour mettre de l'uniformité dans le système entier des mesures, on résolut de les dériver toutes d'une même mesure linéaire et de ses divisions décimales. La question fut ainsi réduite au choix de cette mesure universelle, à laquelle on donne le nom de mètre (1). »

La longueur du pendule et celle d'un cercle terrestre sont les deux principaux moyens qu'offre la nature pour fixer d'une manière invariable l'unité des mesures linéaires. Indépendants l'un et l'autre des révolutions morales, ils ne peuvent éprouver d'altération sensible que par de très-grands changements dans la constitution physique de la terre.

(1) du grec μέτρον, mesure, parce que, en effet, c'est la mesure par excellence.

« Le premier moyen, d'un usage facile, a l'inconvénient, dit Laplace, de faire dépendre la mesure de la distance de deux éléments qui lui sont hétérogènes, la pesanteur et le temps dont la division est d'ailleurs arbitraire, et dont on ne pouvait pas admettre la division sexagésimale pour fondement d'un système décimal de mesures. » La commission, craignant d'ailleurs que le choix du pendule à 45°, quoique ce fût bien réellement la latitude moyenne, ne fût réprouvé par les peuples qui n'avaient pas cette latitude, voulut choisir une base plus large et véritablement universelle, en la prenant sur la terre elle-même. Ce moyen paraît avoir été employé de toute antiquité, tant il est naturel à l'homme de rapporter les mesures itinéraires aux dimensions mêmes du globe qu'il habite. « En sorte, dit Laplace, qu'en se transportant sur ce globe, il connaisse par la seule dénomination de l'espace parcouru, le rapport de cet espace au circuit entier de la terre. On trouve encore à cela l'avantage de faire correspondre les mesures nautiques avec les mesures célestes. Souvent le navigateur a besoin de déterminer l'un par l'autre le chemin qu'il a décrit et l'arc céleste compris entre les zéniths des lieux de son départ et de son arrivée; il est donc intéressant que l'une de ces mesures soit l'expression de l'autre, à la différence près de leurs unités. Mais, pour cela, l'unité fondamentale des mesures linéaires doit être une partie aliquote du méridien terrestre qui corresponde à l'une des divisions de la circonférence. Ainsi le choix du mètre fut réduit à celui de l'unité des angles.

« L'angle droit est la limite des inclinaisons d'une ligne sur un plan, et de la hauteur des objets sur l'horizon ; d'ailleurs, c'est dans le premier quart de la circonférence que se forment les sinus et généralement toutes les lignes que la trigonométrie emploie, et dont les rapports avec le rayon ont été réduits en tables. Il était donc naturel de prendre l'angle droit pour l'unité et le quart de la circonférence pour l'unité de leur mesure. On le divisa en parties décimales, et, pour avoir des mesures correspondantes sur la terre, on divisa dans les mêmes parties le quart du méridien terrestre. Ce qui a été fait dans l'antiquité, car la mesure de la terre citée par Aristote, et dont l'origine est inconnue, donne 100,000 stades au quart du méridien. Il ne s'agissait plus que d'avoir exactement sa longueur. Mais d'abord quel est le rapport d'un arc du méridien mesuré à une latitude donnée au méridien entier ? Dans les hypothèses les plus naturelles sur la constitution du sphéroïde terrestre, la différence des méridiens est insensible, et le degré décimal dont le milieu répond à la latitude moyenne est la centième partie du quart du méridien. L'erreur de ces hypothèses ne pourrait influer que sur les distances géographiques, où elle n'est d'aucune importance. On pouvait donc conclure la grandeur du quart du méridien de celle de l'arc qui traverse la France de-

puis Dunkerque jusqu'aux Pyrénées, et qui fut mesuré, en 1740, par les académiciens français. Mais une nouvelle mesure d'un arc plus grand encore, faite avec des moyens plus exacts, devant inspirer en faveur du nouveau système des poids et mesures un intérêt propre à le répandre, on résolut de mesurer l'arc du méridien terrestre entre Dunkerque et Barcelone. »

Delambre et Méchain furent chargés de cette opération, qu'ils accomplirent au milieu des scènes les plus affreuses de la révolution. En même temps, Brisson, Borda, Lagrange, Laplace, Prony et Berthollet, achevaient d'élever l'édifice du nouveau système, en se servant d'une unité provisoire basée sur les mesures de Lacaille : elle avait 443 lignes $\frac{44}{100}$ de la toise de Paris (loi du 18 germinal an III, 7 avril 1795).

En 1799, la France fit un nouvel appel aux nations ses alliées, et une vaste commission fut formée pour réaliser définitivement toutes les parties du système métrique. Elle se composait de Borda, Brisson, Coulomb, Darcet, Delambre, Haüy, Lagrange, Laplace, Lefèvre-Gineau, Méchain et Prony, pour la France; Remoe et Van Swinden pour la Hollande; Balbo et plus tard Vassali-Landi, pour la Savoie; Bugge, pour le Danemark; Ciscar et Pedrayès, pour l'Espagne; Fabbroni, pour la Toscane; Franchini, pour la république romaine; Multedo, pour la république ligurienne; et enfin Trollès, pour la république helvétique.

Les mesures de Delambre et de Méchain donnèrent au quart du méridien 5,130,740 toises. On en prit la dix-millionième partie (0^m,000,000,1) pour former le mètre. La décimale au-dessus eût été trop grande, la décimale au-dessous trop petite, et le mètre, dont la longueur est de 0 toise 5,130,74 ou 3 pieds 11 lignes 295,937, se trouve à peu près la même longueur que l'aune et la demi-toise (1).

On fit ensuite dériver toutes les mesures du mètre, mais non d'une manière complétement uniforme : on tâcha d'approcher le plus près possible des anciennes unités de mesure, à cause de leur commodité usuelle; mais on prit toujours pour base un multiple ou sous-multiple décimal du mètre. Ainsi l'unité des mesures de superficie pour le terrain, dites mesures agraires, est un carré dont le côté est de 10 mètres, et qui renferme par conséquent 100 mètres carrés : on le nomme *are*. Un cube dont le côté est la dixième partie du mètre est, sous le nom de *litre*, l'unité des mesures de capacité : c'est donc la millième partie du mètre cube. Appliqué au mesurage des bois, le mètre cube prend le nom de *stère*. L'unité des mesures de pesanteur ou poids se nomme *gramme;* c'est le poids d'un volume d'eau distillée, au maximum de densité, remplissant un cube dont le côté a pour longueur la centième partie du mètre. Pour les monnaies enfin, l'unité est le *franc*, dont le poids est de 5 grammes, composé d'un dixième de cuivre et de 9 parties d'argent, et dont le diamètre, ainsi que celui de toutes les autres pièces de monnaie qui s'y rattachent, est également en rapport avec le système métrique. Toutes les divisions croissantes et décroissantes du système métrique se font de dix en dix, et l'on a dénommé d'une manière particulière chaque dizaine de ces différentes unités, en conservant le nom de l'unité pour racines, et en y joignant, comme préfixes, des noms grecs qui désignent des multiples décimaux correspondants, ou des mots latins qui désignent des sous-multiples correspondants. Ces mots sont, dans l'échelle ascendante, et en partant de l'unité : déca (de δέκα, dix), hecto (de ἑκατόν, cent), kilo (de χίλιοι, mille), myria (de μυρίας, dix mille); et, dans l'échelle descendante, toujours en partant de l'unité, déci (dixième de), centi (centième de), milli (millième de), etc. Quelques-uns des noms ainsi formés ne sont pas usités : ce sont myrialitre, kiloare, décaare, myriastère, etc. Certains multiples deviennent à leur tour des unités dont on se sert de préférence à l'unité véritable, souvent trop petite pour quelques usages : ainsi le kilomètre est employé pour les mesures itinéraires; l'hectolitre pour le mesurage des grains et des liquides en cercle; le kilogramme pour les poids de la plupart des objets.

Chaque multiple ou sous-multiple décimal du mètre prend donc un nouveau nom : ainsi 10 mètres font 1 décamètre, qui égale 5 toises 9 pouces 4 lignes 96; 10 décamètres ou 100 m. font 1 hectomètre; 10 hectomètres ou 1,000 m. font 1 kilomètre de 1 11$\frac{1}{9}$ au degré, qui vaut 0 lieues 225 de 25 au degré ou 0 mille 13 géographique de 15 au degré; enfin 10 kilomètres forment un myriamètre. Dans l'échelle descendante, la 10e partie du mètre est le décimètre, qui égale 3 pouces, 8 lignes 330; le 10e du décimètre, ou le centimètre vaut 4 lignes 433; le millimètre, 10e du centimètre, 0 lignes 443. Le mètre carré vaut 9 pieds carrés 48, ou 0,263244929476 de toise carrée; le mètre cube 29 pieds cubes 17 ou 0,135064128946 de toise cube. Il suffit donc de multiplier les mètres, à convertir en pieds, toises, etc., par les sommes respectives que nous venons d'indiquer, pour avoir leur valeur dans ces mesures,

(1) Depuis, on a cru pouvoir attaquer cette base en signalant quelques erreurs qui paraissent s'être glissées dans les mesures des deux savants français. Méchain s'était même aperçu d'une inexactitude qu'il n'osa malheureusement pas avouer. Les calculs de MM. Biot et Arago, dont les opérations embrassèrent une plus grande étendue de la méridienne, ont donné pour la dix-millième partie du quart de la circonférence terrestre, 443,31 lignes, et des travaux plus récents l'ont portée à 443,39 lignes. Cette erreur ne mérite pourtant guère qu'on s'y arrête, puisqu'elle se réduit au plus à un dixième de ligne; elle n'ôte rien d'ailleurs à la beauté du système en lui-même. En attendant que la distance du pôle à l'équateur puisse être appréciée d'une manière incontestable, la valeur du mètre actuel se trouve invariablement établie par sa comparaison avec la longueur du pendule : celui dont les oscillations battent chaque seconde sous le 45e de latitude représente 0^m 993977.

Une particularité qu'il ne faut pas oublier en parlant du mètre carré et du mètre cube, c'est qu'ils se divisent, le premier en 100 décimètres carrés, le décimètre carré en 100 centimètres carrés, etc.; le second en 1,000 décimètres cubes, le décimètre cube en 1,000 centimètres cubes, etc.; c'est-à-dire que la division suit la puissance à laquelle le mètre est élevé. Il est facile de comprendre en effet que le carré qui a un mètre ou 10 décimètres de côté contient nécessairement 100 petits carrés d'un décimètre carré ainsi, lorsqu'on parle de mètres carrés; les deux premiers chiffres à droite du point ou de la virgule sont des décimètres et non pas seulement le premier; les deux suivants sont des centimètres, etc., c'est-à-dire que la division se fait par 100 au lieu de se faire par 10. Pour le mètre cube, les trois premiers chiffres expriment des décimètres cubes; les 4e, 5e et 6e, des centimètres cubes, etc. On comprend qu'il doit en être de même pour les multiples ascendants. Le kilomètre carré vaut 0,018225 mille carré géographique de 15 au degré, et 0,050725 lieue carrée de 25 au degré. On trouve dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* et ailleurs des tables de conversion des anciennes mesures en nouvelles, et réciproquement

Le 22 juin 1799 (4 messidor an VII), Trallès présenta au Corps législatif le résumé des travaux de la commission scientifique dont il faisait partie, ainsi que les étalons prototypes du mètre et du gramme, qui furent depuis conservés soigneusement aux Archives. Celui du mètre, en platine, donne sa longueur légale à la température de 0°. Ce ne fut cependant qu'à dater de 2 novembre 1801 que le système métrique définitif devint légal et exclusif. Il eut à lutter longtemps contre les habitudes locales, et il ne fit d'abord qu'augmenter la confusion en ajoutant de nouvelles mesures au nombre trop considérable qu'on en possédait déjà. Pour faire cesser cette anomalie, et dans le but d'imposer une mesure uniforme, on commença par une transaction entre l'ancien et le nouveau système. Un décret de 12 février 1812, en maintenant les vieux noms et les anciennes divisions, força du moins de se servir des types modernes, et prépara ainsi le nouveau régime : ainsi le pied fut juste le tiers du mètre, tout en se divisant en 12 pouces, 12 lignes, etc.; 6 décimètres firent une aune; le 8e de l'hectolitre fut un boisseau : la livre fut juste un demi-kilogramme, tout en se divisant en 16 onces, 8 gros, etc. Mais la loi du 4 juillet 1837 rendit obligatoire, à partir du 1er janvier 1840, le système métrique et décimal dans toutes les transactions et marchés, et la France jouit aujourd'hui du système métrique le plus perfectionné, le plus simple, le mieux lié dans toutes ses parties, qui ait jamais été inventé, et que quelques peuples ont eu la sagesse de lui emprunter.

L'uniformité du système entier aurait exigé que le jour fût divisé en dix heures, l'heure en 100 minutes; cette division, qui pourrait être utile aux astronomes, est moins avantageuse dans la vie civile, où l'on a peu d'occasions d'employer le temps comme multiplicateur ou comme diviseur. La difficulté de l'adapter aux horloges et aux montres, et nos rapports commerciaux avec l'étranger, ont fait suspendre indéfiniment cet usage. La République française avait aussi admis la division décimale dans son calendrier, où les quatre saisons avaient néanmoins fait maintenir les 12 mois, tous de 30 jours divisés en décades.

Le titre des monnaies, autrefois évalué en carats ou en deniers, l'est maintenant en fractions décimales. La division décimale ou plutôt centésimale prévaut également dans quelques instruments de physique : ainsi le thermomètre centigrade remplace le thermomètre Réaumur, etc.; mais, lorsqu'il s'agit de la division du cercle, on emploie encore généralement celle en 360° que l'on avait d'abord tenté de remplacer par celle de 400.

Ainsi la France a donné l'exemple de cette uniformité si désirable dans un système métrique : espérons que les jalousies nationales n'empêcheront pas plus longtemps les peuples d'adopter ce système comme l'œuvre de la science, qui appartient au monde entier.

Aux mots Poids et Mesures nous donnerons des détails sur toutes les parties qu'embrasse le *système métrique*. Nous compléterons, en attendant, cet article, que nous empruntons à M. Louvet, par un manuel mécanique servant à la conversion des anciennes mesures en nouvelles, et réciproquement. Nous croyons que cette série de tableaux pourra trouver encore d'utiles applications.

SIGNES ET ABRÉVIATIONS.

m	signifie	mètre.
décim.	»	décimètre.
centim.	»	centimètre.
millim.	»	millimètre.
décam.	»	décamètre.
hectom.	»	hectomètre.
kilom.	»	kilomètre.
myriam.	»	myriamètre.
c.	»	carré.
cb.	»	cube.
vol.	»	volume.
st.	»	stère.
lit.	»	litre.
gr.	»	gramme.
kilo.	»	kilogramme.
=	»	égal.
×	»	multiplié par
+	»	plus.
t.	»	toise.
pi.	»	pied.
po.	»	pouce
p.	»	perche.
arp.	»	arpent.
jx.	»	journaux.

OBSERVATIONS ET RÈGLES A SUIVRE.

Les multiplicateurs qui composent ce travail contiennent un nombre variable de décimales. Tels qu'ils sont, ils conduisen à un degré d'approximation satisfaisant Néanmoins, pour ne pas s'embarrasser de calculs dans les opérations peu importantes ou qui ne nécessitent pas une grande exactitude, on pourra réduire le nombre des décimales.

Alors, prenez trois décimales dans les mesures linéaires et celles de pesanteur, quatre dans les mesures de surface, six dans les mesures de volume, en ayant soin toutefois d'augmenter ce nombre, si les premiers ordres d'unités ne sont pas exprimés par des chiffres significatifs.

Toutes les opérations indiquées conduisent au produit de deux facteurs, dont un au moins est pourvu de décimales; on se rappellera donc cette règle très-simple :

Effectuer la multiplication comme celle des nombres entiers, c'est-à-dire abstraction faite de la virgule, et séparer à la droite du produit autant de décimales qu'il y en a dans les deux facteurs.

Dans les résultats, si la partie entière fournit des mètres linéaires, la 1re décimale exprime des décimètres; la 2e, des centimètres; la 3e des millimètres.

S'il s'agit de mètres carrés, les 2 premières décimales expriment des décimètres c.; les 2 suivantes, des centimètres c.; les deux suivantes, des millimètres c.

D'où les quatre premières expriment des centimètres et les six ensemble des millimètres c.

D'après cela, si le nombre des décimales est impair, rendez-le pair par l'addition d'un zéro.

Dans les fractions de mètre cb., les 3 premières décimales expriment des décim. cb., les 3 suivantes, des centimètres cb.; les 3 suivantes des millim. cb.

Chaque ordre devant être exprimé par 3 chiffres, complétez le dernier; pour cela, ajoutez autant de zéros qu'il en faut pour le rendre ternaire.

—

LONGUEUR.

NOMENCLATURE NOUVELLE.

Mètre, unité principale.

MULTIPLES.

Déca—	=	10	mètres.
Hecto--	=	100	»
Kilo—	=	1000	»
Myria—	=	10000	»

SOUS-MULTIPLES.

Déci —	=	0,1	de mètre.
Centi—	=	0,01	»
Milli—	=	0,0001	»

Ainsi 10 mètres = 1 déca—
10 déca— = 1 hecto--
10 hecto— = 1 kilo—
10 kilo— = 1 myria—
Et 10 décim— = 1 mètre—
10 centi— = 1 déci—
10 milli— = 1 centi—

Les mots déca (10), hecto (100), kilo (1000), myria (10000), déci (10e), centi (100e), milli (1000e), appliqués à chaque unité principale, expriment les multiples et sous-multiples de cette unité.

—

LONGUEUR.

NOMENCLATURE ANCIENNE.

Toisé, unité principale = 6 pi. de roi.
Le pied = 12 pouces.
Le pouce = 12 lignes.
La ligne = 12 points.
L'aune de Paris = 3 pi. 7 po. 10 li. 5/6.
L'aune communément employée = 3 pi. 8 po.
L'aune usuelle (décret du 12 fév. 1812) était de 12 décimètres.

La lieue de poste = 2,000 t. (28 1/2 au degré).
» ordinaire = 2,280 t. 33 (25 au degré).
» moyenne ou ancienne = 2,565, t. 37.
» marine = 2,850 t. 41 (20 au degré).

Le mille marin = 950 t. 13 (1/60 de degré ou une minute).

Brasse = 5 pi. (division des lignes de sonde). Terme de marine.

Encâblure = 120 brasses = 100 t. (largeur d'un passage). Terme de marine.

Nœuds. = 47 pi. 1/2 (division de la ligne de Loch). Terme de marine.

Pas géométrique = 5 pieds.
Pas ordinaire = 2 p. 1/2.

—

RAPPORTS DES MESURES NOUVELLES AUX ANCIENNES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Mètres.	0,513074	toises.
»	3,078444	pieds.
»	36,941328	pouces
»	443,296	lignes.
Décimètres.	0,051307	toises.
»	0,307844	pieds.
»	3,694132	pouces.
»	44,3296	lignes.
Centimètres.	0,0051307	toises.
»	0,0307844	pieds.
»	0,3694132	pouces.
»	4,43296	lignes.
Millimètres.	0,00051307	toises.
»	0,00307844	pieds.
»	0,03694132	pouces.
»	0,443296	lignes.
Mètres.	0,84144	aunes de Paris.
»	0,83957	aunes communes.
1 décim.	0,083957	»
2 »	0,167914	»
3 »	0,213871	»
4 »	0,335828	»
5 »	0,419785	»
6 »	0,503742	»
7 »	0,587699	»
8 »	0,671656	»
9 »	0,755613	»

—

RAPPORTS DES MESURES ANCIENNES AUX NOUVELLES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Toises.	1,949036	mètres.
Pieds.	0,324839	»
Pouces.	0,027069	»
Lignes.	0,002255	»
Toises.	19,490363	décimètres.
Pieds.	3,248393	»
Pouces.	0,270699	»
Lignes.	0,022558	»
Toises.	194,903630	centim.
Pieds.	32,483938	»
Pouces	2,706994	»
Lignes.	0,225582	»
Toises.	1949,036309	millim.
Pieds.	324,839384	

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Pouces.	27,069948	millim.
Lignes.	2,255829	»
Aunes de Paris.	1,188446	mètres.
Aunes communes.	1,191077	»
1/2 »	0,594	»
1/3 »	0,396	»
1/4 »	0,297	»
1/6 »	0,198	»
1/8 »	0,148	»
1/12 »	0,099	»
1/16 »	0,074	»
1/24 »	0,049	»
1/32 »	0,037	»
Mètres.	0,84357	aunes de Normandie.
»	1,56363	aunes de Lorraine.
kilomètres.	0,25653	lieues de poste.
»	0,225	lieues ordinaires.
»	0,2	lieues moyennes.
»	0.18	lieues marines.
»	0,54	milles marins.
Myriam.	2,5653	lieues de poste.
»	2,25	lieues ordinaires.
»	2	lieues moyennes.
»	1,8	lieues marines.
»	5,4	milles marins.
Grades.	0,9	degrés.

Etant donné le prix d'une mesure nouvelle, trouver le prix de la mesure ancienne correspondante.

Multipliez le prix de la mesure nouvelle par le rapport de la mesure ancienne correspondante.

Premier exemple : Le mètre vaut 6 fr. 20, comb. la t.?

Le rapport de la toise au mètre = 1 m. 949 millim.

Le prix de la toise = 1,949 × 6,20 = 12 fr. 08.

Second exemple : Le mètre vaut 2 fr. 50, combien 4 aunes communes ?

Le rapport de l'aune com. au mètre = 1 m. 191 millim.

Le prix de 4 aunes = (1,191 × 2,50) × 4 = 11 f. 91.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Aunes de Normandie.	1,185438	mètres.
Aunes de Lorraine.	0,639527	»
Lieues de poste.	3,898072	kilomètres.
Lieues ordinaires.	4,44444	»
Lieues moyennes.	5	»
Lieues marines.	5,55555	»
Milles marins.	1,851837	»
Lieues de poste.	0,389807	myriam.
Lieues ordinaires.	0,444444	»
Lieues moyennes.	0,5	»
Lieues marines.	0,555555	»
Milles marins.	0,185183	»
Degrés.	1,111111	grades.

Etant donné le prix d'une mesure ancienne, trouver le prix de la mesure nouvelle correspondante.

Multipliez le prix de la mesure ancienn par le rapport de la mesure nouvelle correspondante.

Premier exemple : Le pied vaut 1 fr. 20, comb. le mètre ?

Le rapport du mètre au pied étant de 3 pi. 078.

Le prix du mètre = 3,078 × 1,20 = 3 fr. 69.

Second exemple : On donne 2 fr. 40 par lieue ordinaire, combien par myriamètre.

Le rapport du myriam. à la lieue ord. = 2 li. 25.

Le prix du myriam. = 2,25 × 2,40 × 5 fr. 40.

SURFACE.

NOMENCLATURE NOUVELLE.

Mètre carré, surface d'un mètre de côté.

Appliqué aux mesures agraires, il prend le nom de centiare.

MULTIPLES.

Déca —c. = 10	m. de côté = 100 m. c. (are).
Hecto—c. = 100	m. de côté = 10000 m. c. (hect.)
Kilo —c. = 1000	m. de côté = 1000000 m. c.
Myria—c. = 10000	m. de côté = 100000000 m.c.

SOUS-MULTIPLES.

Deci — c. = 100 centim. c. = 0,01 de m. c.
Centi— c. = 100 millim. c. = 0,01 de décim. c.
Milli — c. = 100 dix milli. c. = 0,01 de centim. c.

Ainsi 100 décam. c. = 1 hectom. c.
100 hectom. c. = 1 kilom. c.
100 kilom. c. = 1 myriam. c.
Et 100 décim. c. = 1 mètre c.
100 centim. c. = 1 décim. c.
100 millim. c. = 1 centim. c.

SURFACE.

NOMENCLATURE ANCIENNE.

Toise carrée, unité principale, surface de 6 pieds de côté.

Le pied c.	= 144 po. c.
Le pouce. c.	= 144 lig. c.
La ligne c.	= 144 points c.
La perche de Bourgogne	= 9 pi. 6 po.
» du comté	= 9 pi. 8 po. 1/3 du pied de roi.
Le journal de Bourgogne	= 360 perches c.(1).
La fauchée (prairies)	= 360 «
L'ouvrée (vignes)	= 45 «
Le journal du comté	= 360 « (2)
La perche des eaux et forêts	= 22 pieds.
L'arpent »	= 100 perches c. de 22 pi.
La perche de Paris	= 18 pi.
L'arpent	= 100 perches c. de 18 pi.

L'arpent de 100 perches c. de 20 pi.
L'arpent de 100 « c. de 24 pi.

RAPPORTS DES MESURES NOUVELLES AUX ANCIENNES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Mètres c.	0,263244	toises carrées.
»	9,476817	pieds carrés.
»	1364,661714	pouces carrés
»	196511,286874	lignes carrées.
Décim. c.	0,094768	pieds carrés.
»	13,646617	pouces carrés.
»	1965,112868	lignes carrées.
Centim. c.	0,000947	pieds carrrés.
»	0,136466	pouces carrés.
»	19,651128	lignes carrées.
Mètres c.	0,105006	perches de Bourgogne.
»	0,029249	perches de 18 pieds.
»	0,019580	perches des eaux et forêts.
»	0,023692	perches de 20 pieds.
»	0,016452	perches de 24 pieds.
»	0,101376	perches du comté.

(1) 34 ares 28,28.

(2) 35 ares 51,04. On appelle aussi ce dernier journal de Bourgogne calculé avec la perche du comté.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Ares.	0,029168	journaux de Bourgogne.
»	0,028160	journaux du comté.
»	0,029249	arpents (p. de 18 pieds).
»	0,019580	arp. des eaux et forêts.
»	0,023692	arp. (p. de 20 pieds).
»	0,016452	arp. (p. de 24 pieds).
Hectares.	2,916833	journaux de Bourgogne.
»	2,816076	journaux du comté.
»	2,924913	arp. (p. de 18 pieds).

RAPPORTS DES MESURES ANCIENNES AUX NOUVELLES.

Multipliez les	*par*		*pour les convertir en*
Toises carrées.	*par*	3,798742	mètres c.
Pieds carrés.		0,105520	»
Pouces carrés.		0,000732782	»
Lignes carrées.		0,00000508876	»
Pieds carrés.		10,552000	décim. c.
»		1055,200000	centim. c.
»		105520,000000	millim. c.
Pouces carrés.		0,073278	décim. c.
»		7,327821	centim. c.
»		732,782122	millim. c.
Perches de Bourgogne.		9,523236	mètres c.
— de 18 pieds.		34,18868	»
— de 22 pieds.		51,071980	»
— de 20 pieds.		42,208248	»
— de 24 pieds.		60,779877	»
— du comté (9 pi. 8 po. 3 points 1/3 du pied de roi).		9,863996	»
Journaux de Bourgogne calculés avec la perche du comté.		0,355104	hectares.
Ouvrées.		4,438800	ares.
Journaux de Bourgogne (perche 9 pi. 1/2).		0,342828	hectares.
Ouvrées.		4,285350	ares.
Arp. de 100 p de 18 pi.		0,341886	hectares.

Hectares.	1,958021	arp. des eaux et forêts.
»	2,3692	arp. (perch. de 20 pieds).
»	1,6452	arp. (perch. de 24 pieds).
Kilom. c.	0,050625	lieues ordinaires carrées.
»	0,065807	lieues de poste carrées.
Myriam. c.	5,0625	lieues ordinaires carrées.
»	6,580761	lieues de poste carrées.

Etant donné le prix d'une mesure nouvelle, trouver le prix de la mesure ancienne correspondante.

Multipliez le prix donné par le rapport de la mesure ancienne correspondante.

Premier exemple : Le mètre c. vaut 4 fr. 50, comb. la toise carrée ?

Le rapport de la toise c. au mètre c. = 3 m. c. 798742.

Le prix de la toise = 3,798742 × 4,50 = 17 f. 09.

Second exemple : L'hectare vaut 2000 fr., combien le journal.

Le rapport du journal à l'hectare = 0 hect. 355104.

Le prix du journal = 0,355104 × 2000 = 710 fr. 21.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Arp. des eaux et forêts.	0,510719	hectares.
Arp. de 100 p. de 20 pi.	8,422082	»
Arp. de 100 p. de 24 pi.	0,607798	»
Lieues ordinaires c.	19,753046	kilom. c.
— de poste c.	15,194949	»
— ordinaires c.	0,197530	myriam. c.
— de poste c	0,151949	»

Etant donné le prix d'une mesure ancienne, trouver le prix de la mesure nouvelle correspondante.

Multipliez le prix donné par le rapport de la mesure nouvelle correspondante.

Premier exemple : La toise carrée vaut 2 f. 50, comb. le mètre ?

Le rapport du mètre à la toise = 0 t. 263244.

Le prix du mètre = 0,263244 × 2,50 = 0 f. 65.

Second exemple : Le pied carré vaut 1 fr. 50, combien 3 mètres ?

Le rapport du mètre au pied = 9 pi. c. 476817.

Le prix de 3 mètres = (9,476817 × 1,50) × 3 = 42 fr. 64.

VOLUME.

NOMENCLATURE NOUVELLE.

Mètre cube, unité principale, volume compris sous 6 faces carrées et égales, et dont chaque arête = 1 mètre.

MULTIPLES.

Déca — cb. = 1000 m. cb.
Hecto — cb. = 1000 décamètres cb.
Kilo — cb. = 1000 hecto. cb.
Myria — cb. = 1000 kilo. cb.

SOUS-MULTIPLES.

Le déci — cb. = 1000 centi. cb.
Le centi — cb. = 1000 milli. cb.
Le milli — cb. = 1000 dix milli. de m. cb.

Dans les multiples et sous-multiples du mètre cube chaque unité en vaut mille de l'ordre immédiatement inférieur.

Le stère = 1 m. cb. ; sous cette dénominaton, il s'applique seulement au volume des bois

MULTIPLES.

Déca — = 10 stères.

Les autres multipl s inusités.

SOUS-MULTIPLES.

Déci — = $\frac{1}{10}$ de stère.

Centi — = $\frac{1}{100}$ de stère.

Les autres sous-multiples inusités.

Dans les multiples et sous-multiples du stère chaque unité en vaut dix de l'ordre immédiatement inférieur.

VOLUME.

NOMENCLATURE ANCIENNE.

Toise cube, volume compris sous 6 faces carrées et égales, ayant une toise sur chaque arête, = 216 pieds cb.

Le pied cb. = 1728 po. cb.
Le pouce cb. = 1728 lignes cb.
La solive = 12 pi. de long sur 36 po. c.
ou 6 pi. de long sur 72 po. c.
ou 3 pi. de long sur 1 pi. c.
La solive = 432 chevilles.
La marque = 300 chevilles.

La corde de bois ordinaire = 8 pi. de couche. sur 4 de hauteur, la bûche ayant 4 pi. de longueur, = 128 p. cb.

Ses subdivisions sont :

Le grand moule = $\frac{1}{2}$ corde = 64 pi. cb.

Le petit moule = $\frac{1}{24}$ de corde = 5 pi. cb. 33.

La corde des eaux et forêts = 8 pi. de couche, 4 de hauteur, la bûche ayant 3 pi. 1/2 de longueur.

La corde dite de port ou petite corde = 8 pieds de couche, 5 de hauteur, la bûche ayant 3 pi. 1/2 de longueur.

La voie de Paris = 4 pi. de couche, 4 p. de hauteur, la bûche ayant 3 p. 1/2 de longueur.

RAPPORTS DES MESURES NOUVELLES AUX ANCIENNES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Mètres cb.	0,135064128	toises cb.
»	29,173851852	pieds cb.
»	50412,416000825	pouces cb.
»	87112654,849425808	lignes cb.
Décim. cb.	0,029173851	pieds cb.
»	50,412416000	pouces cb.
»	87112,654849425	lignes cb.
Centim. cb.	0,000029173	pieds cb.
»	0,050412416	pouces cb.
»	87,112654849	lignes cb.
Millim. cb.	0,000000029	pieds cb.
»	0,000050412	pouces cb.
»	0,087112654	lignes cb.
Stères.	9,724617284	solives.
»	0,227920717	cordes de 128 pi. cb.
»	0,455841434	grands moules.
»	5,470097408	petits moules.
»	0,260480820	cordes de 112 pi. cb.
»	0,208384656	cordes de 140 pi. cb.
»	0,520961640	voies de Paris.

Etant donné le prix d'une mesure nouvelle, trouver le prix de la mesure ancienne correspondante.

Multipliez le prix de la mesure nouvelle par le rapport de la mesure ancienne correspondante.

Exemple : Le mètre cb. vaut 20 fr., comb. la toise cb.

Le rapport de la toise cb. au mètre cb. = 7 m. cb. 403887.

Le prix de la toise cb. = 7,403887 × 20 = 148 fr. 07.

RAPPORTS DES MESURES ANCIENNES AUX NOUVELLES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Toises cb.	7,4038871436	mètres cb.
Pieds cb.	0,034277255	»
Pouces cb.	0,0000198363	»
Lignes cb.	0,0000000114	»
Pieds cb.	34,277255259	decim. cb.
Pouces cb.	0,019836374	»
Lignes cb.	0,000011479	»
Pieds cb.	34277,255259428	centim. cb.
Pouces cb.	19,8363745	»
Lignes cb.	0,011479383	»
Pieds cb.	34277255,259428	millim. cb.
Pouces cb.	19836,375	»
Lignes cb.	11,479383	»
Solives.	0,102852	Stères.
Cordes de 128 pi. cb.	4,387490	»
Grands moules	2,193745	»
Petits moules.	0,182812	»
Cordes de 112 pi. cb.	3,839055	»
Cordes de 140 pi. cb.	4,798815	»
Voies de Paris.	1,919526	»

Etant donné le prix d'une mesure ancienne, trouver le prix de la mesure nouvelle correspondante.

Multipliez le prix de la mesure ancienne par le rapport de la mesure nouvelle correspondante.

Exemple : La corde de 128 pi. cb. vaut 70 f., comb. le st.

Le rapport du stère à la corde étant de 0 corde 227920.

Le prix du stère = 0,227920 × 70 = 15 fr. 95.

CAPACITÉ.

NOMENCLATURE NOUVELLE.

Litre, unité principale = 1 décim. cb. = 0,001 de m. cb.

MULTIPLES.

Le déca — = 10 lit. = 10 déci. cb. = 0,01 de m. cb.
L'hecto — = 100 = 100 » = 0,1 »
Le kilo — = 1000 = inusité.
Le myria — = 10000 = »

SOUS-MULTIPLES.

Le deci — = 0,1 de litre = 100 centim. cb.
Le centi — = 0,01 » = 10 »
Le milli — = 0,000 » = 1 »

Rapport de la capacité au poids, quand il s'agit de l'eau.

1 milli — = 1 gramme,
1 centi — = 1 déca —
1 déci — = 1 hecto —
1 litre. = 1 kilo —
1 déca — = 1 myria —
1 hecto — = 100 kilo —

CAPACITÉ.

NOMENCLATURE ANCIENNE.

Liquides.

Pinte = $\frac{1}{288}$ du muid.
Setier = 8 pintes.
Muid = 288 pintes.
Pinte de roi = 2 chauveaux (1).
Channe = 2 pintes de roi.
Setier = 8 channes.
Muid = 16 setiers = 256 pintes de roi.
Pinte de Bourgogne = $\frac{1}{256}$ du muid de Bourgogne.
Setier = 19 pintes de Bourgogne.
Muid = 256 pintes de Bourgogne
Le quarri = $\frac{1}{4}$ du muid.

Grains.

Comme celles des liquides, les mesures des grains étaient très-considérables ; mais les marchés publics en ont ralenti l'usage.

Dans le Jura, le commerce des liquides se traitait principalement au muid de 120 channes = 240 pintes (1 litre 25) = 300 litres.

A Gy, les affaires se traitaient à la pièce de 200 litres.

RAPPORTS DES MESURES ANCIENNES AUX NOUVELLES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Pintes.	0,9313	litres
»	0,09313	décalitres.
Muids.	2,6822	hectolitres.
Pintes de roi.	1,0625	litres.
Channes.	2,1250	»
Pintes de roi.	0,1062	décalitres.
Channes	0,2125	»
Setiers.	1,7	»
»	0,17	hectolitres.
Muids	2,72	»
Pintes de Bourgogne.	1,25	litres.
»	0,125	décalitres.
Setiers.	2	»
»	0,20	hectolitres.
Muids.	3,20	»

(1) Cette mesure = 1 lit. 0,625. — On lui donne en quelques lieux 1 lit. 11. Dans ce cas, le muid au lieu de 272 lit. vaut 284 lit. 67. — On lui donne encore pour valeur 1 lit. 25, alors le muid = 218 pintes ou 109 channes = 272 lit.

Etant donné le prix d'une mesure ancienne, trouver le prix de la mesure nouvelle correspondante.

Multipliez le prix de la mesure ancienne par le rapport de la mesure nouvelle correspondante.

Exemple : Le muid de Bourgogne vaut 80 fr. combien l'hectolitre ?

Le rapport de l'hectolitre au muid de Bourgogne étant de 0·muid 3125.

Le prix de l'hectolitre 0,3125 × 80 = 25 fr.

RAPPORTS DES MESURES NOUVELLES AUX ANCIENNES

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Litres.	1,0737	pintes.
Décalitres.	10,7375	»
Hectolitres	0,3728	muids.
Litres.	0,9412	pintes de roi
»	0,4706	channes.
Décalitres.	9,4121	pintes de roi
»	4,7060	channes.
»	0,5882	setiers.
Hectolitres.	5,8823	»
»	0,3676	muids.
Litres.	0,80	pintes de Bourgogne.
Décalitres.	8,00	»
»	0,50	setiers.
Hectolitres.	5,00	»
»	0,3125	muids.

Etant donné le prix d'une mesure nouvelle, trouver le prix de la mesure ancienne correspondante.

Multipliez le prix de la mesure nouvelle par le rapport de la mesure ancienne correspondante.

Exemple : Le litre vaut 0,75, combien la pinte ?

Le rapport de la pinte au litre étant de 1,0625,

Le prix de la pinte = 1,0625 × 0,75 = 0 fr. 796.

POIDS.

NOMENCLATURE NOUVELLE.

Gramme, unité principale.

Le gr.	=		en volume 1 centimètre cb.
»	=		en poids 1 millilitre d'eau distillée (1).

MULTIPLES.

Déca —	=	10	grammes.
»	=		en volume, 10 centimètres cb.
»	=		en poids. 1 centilit. d'eau distill.
Hecto —	=	100	grammes.
»	=		en volume, 100 centimètres cb.
»	=		en poids, 1 decilit. d'eau dist.
Kilo —	=	1000	grammes.
»	=		en volume, 1 décim. cb.
»	=		en poids, 1 litre d'eau distillée.
Myria —	=	10000	grammes.
»	=		en volume, 10 décimètres cb.
»	=		en poids, 10 litres d'eau dist.

SOUS-MULTIPLES.

Déci —	=	1/10	de gramme.
»	=		en vol., 100 millim. cb.
»	=		en poids, 1/10 de mill. d'eau distil.
Centi —	=	1/100	de gramme.
»	=		en vol., 10 millimètres cb.
»	=		en poids, 1/100 de mill. d'eau dist.
Milli —	=	1/1000	de gramme.
»	=		en vol., 1 millim. cb.
»	=		en poids, 1/1000 de mill. d'eau distillé.

(1) A son maximum de densité.

POIDS.

NOMENCLATURE ANCIENNE.

La livre, unité principale = 2 marcs.

Le marc	=	8 onces.
L'once	=	8 gros.
Le gros	=	3 scrupules.
Le scrupule	=	2 oboles.
L'obole	=	3 carats
Le carat	=	4 grains.
Le grain	=	1/9216 de la livre.
Le quintal	=	100 livres.
Le millier	=	1000 livres
Le tonneau	=	2000 livres.

Poids des cantons limitrophes de la Suisse, traduits en kilo.

Bâle. Livre forte = 0,489.
» » poids marchand 0,4789.
Berne » = 16 onces = 32 loth 128 drachm. = 0,520.
Genève » poids fort = 18 onces = 432 deniers =
» » 0,550 poids faible = 15 onces = 360 den. = 0,448.
Lausanne. Livre, = 16 onces = 126 gros = 0,5.

Pour les cantons plus éloignés.

Lucerne.	Livre	= 0,499.
St.-Gall.	»	poids fort = 0,585.
»	»	poids faible = 0,468.
Schaffhouse	»	à 40 loth = 0,574.
»	»	32 loth = 0,460.
Soleure	»	= 0,528.
Zurich.	»	poids fort = 0,5:8.
»	»	poids faible = 0,469.

RAPPORTS DES MESURES NOUVELLES AUX ANCIENNES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Kilogrammes.	2,042876	livres.
Hectogrammes.	0,204287	»
Décagrammes.	0,020428	»
Grammes.	0,002042	»
Hectogrammes.	3,268691	onces.
»	26,148312	gros.
»	188,2715	grains.
Décagrammes.	0,326869	onces.
»	2,614881	gros
»	188,2715	grains.
Grammes	0,032686	o c s.
»	0,261488	gr·s.
»	18,82715	grains.
Kilogrammes.	0,020428	quintaux.
Myriagrammes.	0,204287	»
Kilogrammes	0,002042	milliers.
Myriagrammes.	0,020428	»

Etant donné le prix d'une mesure nouvelle, trouver le prix de la mesure ancienne correspondante.

Multipliez le prix de la mesure nouvelle par le rappo.t de la mesure ancienne correspondante.

Exemple : L'hectogramme vaut 2 fr. 40, combien l'once ?

Le rapport de l'once à l'hectogramme = 0,305941.

Le prix de l'once = 0,305941 × 2,40 = 0 fr.73.

RAPPORTS DES MESURES ANCIENNES AUX NOUVELLES.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Livres.	0,489505	kilogrammes.
»	4,895058	hectogrammes
»	48,95058	décagrammes.
»	489,5058	grammes.

Multipliez les	*par*	*pour les convertir en*
Onces	0,305941	hectogrammes.
Gros	0,038242	»
Grains	0,000531	»
Onces.	3,059411	décagrammes.
Gros.	0,382426	»
Grains	0,005311	»
Onces.	30,594112	grammes.
Gros.	3,824264	»
Grains.	0,053114	»
Quintaux.	48,95058	kilogrammes.
»	4,895058	myriagrammes.
Milliers.	489,5058	kilogrammes.
»	48,95058	myriagrammes.

Etant donné le prix d'une mesure ancienne, trouver le prix de la mesure nouvelle correspondante.

Multipliez le prix de la mesure ancienne par le rapport de la mesure nouvelle correspondante.

Exemple : Le litre vaut 4 fr., comb. le décagramme ?

Le rapport du décagramme à la livre = 0,020428.

Le prix du décagramme = 0 fr. 08.

MONNAIES.

NOMENCLATURE.

Le franc, unité principale valeur de 5 grammes d'argent à 1,10 d'alliage.

MULTIPLES.

Or. Pièce de	10 fr. 20 40 100
Argent. Pièce de	2 fr. 5

SOUS MULTIPLES.

Argent. Pièce de	0,25 cent. 0,50
Billon. Pièce de	0,10 cent.
Cuivre. Pièce de	0,01 cent. 0,10 0,05

Toutes les monnaies d'or ou d'argent sont au titre de 900/1000, c'est-à-dire qu'elles contiennent 900/1000 de matière pure et 1/1000 de cuivre, ou 9/10 de fin et 1/10 d'alliage.

Le franc est la valeur de 84 grains 722.

La livre tournois valait 83 grains 678.

Il existe plusieurs moyens mécaniques pour établir la longueur du mètre avec le diamètre des monnaies. Le plus simple consiste à prendre 27 fois celui de la pièce de 5 fr. Ce procédé conduit à 0 m. 999 milli. = 1 m. à 0,001 près.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES MONNAIES.

	Valeur.	*Poids.*	*Dimension.*
	fr. c.	gr.	m.
Or.	10	3,23	0.018
	20	6,45	0,021
	40	12.90	0,026
	100	32,25	0,034.
Argent.	1	5	0,023
	2	10	0,027
	5	25	0,037
	0,25	1,25	0,010
	0,50	2,50	0,018
Billon.	0,10	2	
Cuivre.	0,01	2	
	0,05	10	
	0,10	20	

Etant donnés le poids et le titre d'une monnaie étrangère, déterminer sa valeur en monnaie française.

Il faut d'abord découvrir la quantité de métal fin de la monnaie proposée : pour cela, *multipliez son poids par son titre.*

Ensuite *divisez son poids de fin par le poids de fin de la monnaie française à laquelle on veut ramener la pièce proposée.*

Premier exemple : — Or. — Le ducat de Prusse = en poids 3 gr. 491. — Son titre est de 0,979.

Son poids de fin = 3,491 × 0,979 = 3,417689.

Le poids de fin de la pièce de 10 francs étant de 2 fr. 907, on a pour valeur du ducat en pièces de 10 fr. $\frac{3,417689}{2,907}$ = 1,175.

C'est-à-dire 1 pièce de 10 fr. et 1 dixième de pièce de 10 fr. + 75 cent., d'où 11 fr. 75.

Second exemple — Argent. — L'écu de de Bâle = en poids 23 gr. 386. — Son titre est de 0,878.

Son poids de fin = 23,386 × 0,878 = 20,532908.

Le poids de fin du franc étant de 4 gr. 5, on a donc pour valeur de l'écu de Bâle en francs $\frac{20,532908}{4,5}$ = 4 fr. 56.

Ce que nous venons de dire, ce que nous avons à dire encore sur les poids et mesures serait incomplet, si nous ne donnions à nos lecteurs un exposé comparatif des diverses mesures des peuples étrangers avec les mesures françaises. C'est ce que nous allons faire dans une série de tableaux.

MESURES ANGLAISES

Comparées aux mesures françaises

MESURES DE LONGUEUR.

Anglaises.	Françaises.
Inch, Pouce ($\frac{1}{36}$ du yard)	2,539954 centim.
Foot, Pied ($\frac{1}{3}$ du yard)	3,0479449 décim.
Yard impérial	0,91438348 mèt.
Fathom (2 yards)	1,82876696 mèt.
Pole ou perch (5 $\frac{1}{2}$ yards)	5,02911 mètres.
Furlong (220 yards)	201,16437 mètres.
Mile (1760 yards)	1609,3149 mètres.

Françaises.	Anglaises.
Millimètre	0,03937 pouces.
Centimètre	0,393708 pouces.
Décimètre	3,937079 pouces.
Mètre	39,37079 pouces. 3,2808992 pieds. 1,093633 yard.
Myriamètre	6,2138 milles.

MESURES DE SUPERFICIE.

Anglaises.	Françaises.
Yard carré	0,836097 m. car.
Rod (perche carrée).	25,291939 m. car.
Rood (1210 yards car.)	10,116775 ares.
Acre (4840 yards car.)	0,404671 hectare.

Françaises.	Anglaises.
Mètre carré	1,196033 yard c.
Are	0,098845 rood.
Hectare	2,471143 acres.

MESURES DE CAPACITÉ.

Anglaises.	Françaises.
Pint ($\frac{1}{8}$ de gallon)	0,567932 litre.
Quart ($\frac{1}{4}$ de gallon)	1,135864 litre.
Gallon impérial	4,54345797 litres.
Peck (2 gallons)	9,0869159 litres.

Anglaises.	Françaises.
Bushel (8 gallons)	36,347664 litres.
Sack (3 bushels)	1,09043 hectolit.
Quarter (8 bushels)	2,907813 hectoli.
Chaldron (12 sacks)	13,08516 hectolit.

Françaises.	Anglaises.
Litre	1,760773 pint. 0,2200967 gallon.
Décalitre	2,2009668 gallons.
Hectolitre	22,009668 gallons.

POIDS.

Anglais. Troy.	Français.
Grain (24e de pennyweight)	0,064798 gram.
Pennyweight (20e d'once)	1,556160 gram.
Once (12e de livre troy)	31,103191 gram.
Livre troy imp. (5760 grains)	373,238296 gram.

Anglais. Avoirdupois.	Français.
Dram (16e d'once)	1,773 gramme.
Once (16e de la livre)	28.349 grammes.
Livre avoirdupoids impériale	453,3 8 grammes.
Quintal (112 livres)	50,80 kilogram.
Ton (20 quintaux)	1016,04 kilogram.

Français.	Anglais.
Gramme	15,4323 grai. troy. 0,6430 pennywe.
Kilogramme	15432,5 grains troy. 2,6793 livres troy, 2,2046 liv. avoird.

RÉDUCTION

En millimètres des baromètres anglais et français exprimés en pouces.

BAROMÈT. ANGLAIS.			BAROMÈT. ANGLAIS.			BAROM. FRANÇAIS.		
pouc.	dix.	millim.	pouc.	dix.	millim.	pouc.	lign.	millim.
24	0	609,59	27	4	695,95	26	0	703.82
	1	612,13		5	698,49		1	706,07
	2	614,67		6	701,03		2	708,33
	3	617,21		7	703,57		3	710,59
	4	619,75		8	706,11		4	712,84
	5	622,29		9	708.65		5	715,10
	6	624,83	28	0	711,19		6	717,36
	7	627,37		1	713,73		7	719.61
	8	629,91		2	716,27		8	721,86
	9	632,45		3	718,81		9	724,12
25	0	634,99		4	721,35		10	726,38
	1	637,53		5	723,89		11	728,63
	2	640,07		6	726,43	27	0	730,89
	3	642,61		7	728,97		1	733,15
	4	645,15		8	731.51		2	735,40
	5	647,69		9	734,05		3	737,66
	6	650,23	29	0	736,59		4	739,91
	7	652,77		1	739,13		5	742,17
	8	655,31		2	741,67		6	744,42
	9	657,85		3	744,21		7	746,68
26	0	660,39		4	746,75		8	748,94
	1	662,93		5	749.29		9	751,19
	2	665,47		6	751,83		10	753,45
	3	668,01		7	754,37		11	755,70
	4	670,53		8	756,91	28	0	757,96
	5	673,09		9	759,45		1	760,22
	6	675,63	30	0	761,99		2	762.47
	7	678,17		1	764,53		3	764,73
	8	680,71		2	767,07		4	766,98
	9	683,25		3	769.61		5	769,24
27	0	685,79		4	772,15		6	771,49
	1	688,33		5	774,69		7	773,75
	2	690,87		6	777 23		8	776,01
	3	693,41		7	779,77		9	778,26

COMPARAISON

Des thermomètres Fahrenheit et centigrade.

Fahrenh.	Centigr.	Fahrenh.	Centigr.	Fahrenh.	Centigr.
—4°	— 20°00	33°	0°56	70°	21°11
—3	— 19,44	34	1,11	71	21,67
—2	— 18,89	35	1,67	72	22,22
—1	— 18,33	36	2,22	73	22.78
0	— 17,78	37	2,78	74	23,33
1	— 17,22	38	3,33	75	23,89
2	— 16,67	39	3,89	76	24,44
3	— 16,11	40	4,44	77	25,00
4	— 15,56	41	5,00	78	25,56
5	— 15,00	42	5,56	79	26,11
6	— 14,44	43	6,11	80	26,67
7	— 13,89	44	6,67	81	27,22
8	— 13,33	45	7,22	82	27,78
9	— 12,78	46	7,78	83	28,33
10	— 12,22	47	8.33	84	28,89
11	— 11,67	48	8,89	85	29,44
12	— 11,11	49	9,44	86	30,00
13	— 10,56	50	10,00	87	30,56
14	— 10,00	51	10,56	88	31,11
15	— 9,44	52	11,11	89	31,67
16	— 8,89	53	11,67	90	32,22
17	— 8,33	54	12,22	91	32,78
18	— 7,78	55	12,78	92	33,33
19	— 7,22	56	13,33	93	33,89
20	— 6,67	57	13,89	94	34,44
21	— 6,11	58	14,44	95	35,00
22	— 5,56	59	15,00	96	35,56
23	— 5,00	60	15,56	97	36,11
24	— 4,44	61	16,11	98	36,67
25	— 3,89	62	16,67	99	37,22
26	— 3,33	63	17,22	100	37,78
27	— 2,78	64	17,78	101	38,33
28	— 2,22	65	18,33	102	38,89
29	— 1,67	66	18,89	103	39,44
30	— 1,11	67	19,44	104	40,00
31	— 0,56	68	20,00	105	40,56
32	— 0,00	69	20,56	106	41,11

VALEUR,

en poids et mesures métriques, des poids et mesures de pays étrangers (1)

MESURES DE LONGUEUR.

VILLES.	NOM.	Valeur en centimèt.
		c
Aix-la-Chapelle	pied	28,96
Amsterdam	—	28,31
	— du Rhin	31,385
Anspach	—	29,78
Anvers	—	28,55
Augsbourg	—	29,59
Bâle	—	29,83
Bergame	—	43,60
Berne	—	29,32
Bologne	—	38,05
Brême	—	28,92
Breslau	—	28,42
Bruxelles	—	27,575
Cagliari	palme	26,25
Carrare	—	24,36
Clèves	pied	29,55
Cracovie	—	35,64
Crémone	—	39.70
Dantzick	—	28,69
Erfurt	—	28,22
Ferrare	—	40,11
Francfort-sur-Mein	—	28,65

(1) Ces évaluations sont tirées en très-grande partie du Cambiste universel de Kelly et de l'ouvrage de M. Kupfler.

VILLES.	NOM.	Valeur en centimèt.
Gênes	palme	24,70
Genève	pied	48,79
Gotha	—	28,74
Hambourg	—	28,65
Harlem	—	28,58
Heidelberg	—	27,85
Inspruck	—	31,76
Kœnigsberg	—	30,76
Leipsick	—	28,22
Leyde	—	31,55
Liége	—	28,74
Lindau	— ordinaire	28,94
	— long	31,48
Lisbonne	—	32,85
Lubeck	—	28,77
Maestricht	—	28,06
Magdebourg	—	28,36
Manheim	—	28,96
Middlebourg	—	30,98
Milan	— d'architecte	39,65
Moscou	—	33,43
Munich	—	28,94
Naples	palme	26,35
Neufchâtel	pied linéaire	29,326
Nice	pan	26,15
Nuremberg	pied	30,29
Padoue	—	35,36
Pavie	—	46,46
Pise	palme	29,84
Prague	pied	30,02
Ratisbonne	—	28,99
Revel	—	26,77
Riga	—	27,39
Rome	—	29,78
Rostock	—	28,91
Sienne	—	37,74
Stettin	pied ancien	28,26
Stralsund	—	29,08
Turin	—	32,30
Ulm	—	28,92
Valence	palme	23,25
Venise	pied	34,73
Vérone	—	34,26
Vicence	—	34,61
Zante	—	34,73
Zurich	—	30,00

PAYS.	NOM	Valeur en centim. c.
Allemagne	pied du Rhin	31,385
Angleterre	—	30,479
Autriche	—	31,602
Bavière	—	29,10
Belgique	mètre	100,00
Brunswick	pied	28,51
Chine	— mathématique	33,31
	— d'architecte	32,28
	— du commerce	33,83
	— d'arpenteur	31,96
Danemark	— du Rhin	31,383
Espagne	— $\frac{1}{3}$ de vara	27,85
France	— de roi, ou de Paris	32,484
	mètre	100,000
Hanovre	pied	29,21
Hollande	— d'Amsterdam	28,31
	— du Rhin	31,385
Malte	—	28,36
Mecklembourg	—	29,08
Oldenbourg	—	28,33
Piémont	— liprando	51,36
Pologne	—	28,80
Prusse	—	31,386
Rhin	pied	31,385

PAYS.	NOM.	Valeur. en centimèt.
Russie	pied anglais	30,479
	sagène, 7 pieds (toise)	213,356
	archine, $\frac{1}{3}$ de sagène	71,119
	verchoc, $\frac{1}{16}$ d'archine	4,445
Sardaigne	palme	24,83
Saxe	pied	28,33
Sicile	palme	25,86
Suède	pied	29,69
Suisse	—	30,00
Wurtemberg	—	28,64

MESURES DE LONGUEUR A L'USAGE DU COMMERCE

VILLES.	NOM	Valeur en centim. c.
Aix-la-Chapelle	aune	66,87
Alep	pic	67,71
Alexandrie (Egypte)	—	68,06
Alger	—	62,50
Alicante	vara	76,07
Amsterdam	aune	68,781
Ancône	brasse	64,33
Anvers	aune de soie	69,43
	— de laine	68,44
Augsbourg	grande aune	60,95
	petite aune	59,23
Bâle	aune	117,80
	brasse	54,38
Barcelone	canne	53,50
Batavia	aune	68,57
Bergame	brasse	65,53
Bergen	aune	62,76
Berne	—	54,25
Bologne	brasse	64,52
Bombay	covid	45,71
Brême	aune	57,84
Brescia	—	46,73
Breslau	—	57,59
Cagliari	raso	54,95
Caire	pic	68,06
Calicut	guz	72,10
Carrare	canne pour les bois	62,46
	brasse marchande	61,97
	palme pour les marbr.	24,93
Cassel	aune	56,94
Coblentz	—	55,85
Cobourg	—	58,57
Cologne	—	57,52
Constantinople	grande mesure	66,91
	petite mesure	64,79
Cracovie	aune	61,70
Crémone	brasse (tavole di ragguaglio)	59,49
Ferrare	brasse pour la soie	63,44
	brasse pour le linge	67,36
Francfort-sur-Mein	aune	54,73
Gênes	palme	24,83
Genève	aune	14,37
Hambourg	—	57,30
	— de Brabant	70,00
Harlem	— ordinaire	68,35
	— de linge	74,26
Leipsick	—	56,53
Leyde	—	68,31
Lubeck	— 2 pieds de Lubeck.	57,54
Lucques	brasses	59,51
Madrid	vara (aune de Castille)	83,55
Maestricht	aune	68,35
Manheim	—	55,58
Mantoue	brasse	64,38
Mayence	aune	54,86
Milan	brasse	59,40
Modène	—	64,81

VILLES.	NOM.	Valeur en centimèt.
Naples	canne de 8 palmes	210,79
Neufchâtel	aune	111,11
Nice	—	118,75
Nuremberg	—	65,64
Ostende	—	69,93
Padoue	brasse pour le drap	68,10
	— pour la soie	63 75
Palerme	canne de 8 palmes	194,23
Parme	brasse de laine et linge	64,38
	— de soie	59 44
Patras	pic de toile	68,57
	— de soie	63,49
Pavie	brasse	59,49
Raguse	aune	51,32
Ratisbonne	—	81,10
Ravenne	brasse	67,22
Riga	aune	53,76
Rome	canne des marchands 8 palmes	199,27
	brasse des marchands, 4 palmes	84,82
	brasse des tisserands, 3 palmes	63,61
Rostock	aune	57,52
Trieste	— de laine	67,58
	— de soie	64,06
Tunis	pic de laine	67,30
	— de soie	62,98
	— de toile	47,27
Turin	raso divisé en 14 onces (vassali candi)	59,94
Ulm	aune	56,82
Varsovie	— ancienne	58,46
	— nouvelle	57,60
Venise	brasse de laine	68,25
	— de soie	63,72
Vérone	grande brasse	64,90
	petite brasse	64,24
Vicence	brasse de drap	69,03
	— de soie	63,75
Wismar	aune	58,16
Wurtzbourg	—	57,89
Zittau	—	56,98
Zurich	—	60,01

PAYS	NOM.	Valeur en centim.
		c.
Abyssinie	pic	68,57
Angleterre	yard	91,438
	aune, $\frac{5}{4}$ de yard	114,298
Aragon	vara	76,75
Autriche	aune	77,92
Bade (grand-duché)	—	60,00
Bavière	—	83,301
Belgique	mètre	100,00
Bengale	cubit	45,71
Brabant	aune	70,00
Brésil	vara	110,48
Brunswick	aune	57,07
Candie	pic	63,77
Chine	covid	37,13
Chypre	pic	67,15
Danemark	aune	62,77
Écosse	—	94,45
Égypte	pic endazé	63,61
	— stambouli	67,70
	— pic masri	56,42
Espagne	vara	83,56
France	mètre	100,00
Hanovre	aune	58,42
Hesse-Darmstadt	—	60,00

PAYS.	NOM.	Valeur en centimèt.
Hollande	aune d'Amsterdam	68,781
	— de la Haye	69,424
	— de Brabant	170,00
Malte	canne	207,94
Moldavie	kot, pour la soie	63,14
	khaleb, pour le drap	67,13
Pologne	aune, 2 pieds de Pologne	57,53
Portugal	vara	109,60
	covado	67,81
Prusse	aune, 25,5 po. de Prusse	66,69
Russie	archine (aune)	71,119
Sardaigne	aune	54,88
Saxe	—	56,53
Sicile	canne	193,60
Suède	aune	59,38
Suisse	grande aune	120,00
	petite aune	60,00
Toscane	brasse	58,363
Turquie	endazé, pour la soie	65,25
	pic, pour le drap	68,32
Wurtemberg	aune	61,43

MESURES ITINÉRAIRES.

PAYS.	NOM.	Valeur en kilomèt.
		k.
Allemagne	meile, lieue de 15 au degré	7,408
Angleterre	mile, 1760 yards	1,609
	mile marin de 60 au degré	1,852
	lieue marine de 20 au degré	5,556
Arabie	mille	1,964
Autriche	— de poste	7,586
Belgique	— métrique	1,000
Brabant	lieue	5,556
Chine	li	0,577
Danemark	mille	7,538
Écosse	mille	1,609
Espagne	lieue de 5000 varas	4,177
France	mille métrique, 1 kil.	1,000
	lieue de 4 kilomètres	4,000
	myriamètre, 10 kil.	10,000
	lieue marine, 20 au deg.	5,556
	lieue ancienne de poste, 2,000 toises	3,898
Hambourg	mille	7,538
Hollande	— 15 au degré	7,408
	— nouveau	1,000
Hongrie	—	7,586
Irlande	mille	1,609
Italie	— de 60 au degré	1,852
	— métrique	1,000
Naples	—	1,852
Perse	parasang	5,565
Piémont	mille	2,466
Pologne	— de 20 au degré	5,556
	— nouveau, 8 wersts	8,534
Portugal	lieue, 18 au degré	6,173
Prusse	mille du Rhin	7,532
Rome	— géographique	1,852
Russie	werst, 500 sagènes	1,067
Suède	mille	10,688
Suisse	—	8,369
Toscane	—	1,653
Turquie	berri	1,476

	m.
Lieue de 15 au degré	7408
Lieue de 18 au degré	6173
Lieue géograph. ou marine de 20 au deg.	5556
Lieue de 25 au degré	4445
Mille marin de 60 au degré, ou de 1'	1852
Mille de 65 au degré	1709

BRASSES DES CARTES MARINES.

PAYS.	NOM.	Valeur en Kilomét.
		m.
Angleterre	Brasse (fathom)	1,829
Danemark	— (faun)	1,883
Espagne	— (braza)	1,696
France	— 5 pieds	1,624
Hollande	— (waâm)	1,883
Russie	— (sagène)	2,134
Suède	— (fannar)	1,783

MESURES AGRAIRES.

VILLES.	NOM.	Valeur en ares.
		a.
Amsterdam	morgen	81,286
Bâle	juchart	31,905
Berlin	grand morgen	56 756
	petit morgen	25,534
Berne	juchart de bois	38,727
Dantzick	morgen	55,612
Genève	arpent	51,661
Hambourg	scheffel de terre arable	41,984
	morgen	96,525
Naples	moggia	33,426
Nuremberg	morgen, terre arable	47,272
	— de pré	21,270
Rome	pezza	26,406
Vienne	joch	57,598
Zurich	acre commun	32,404
	— de bois	36,004
	— de pré	28,804

PAYS.	NOM.	Valeur en ares.
		a.
Angleterre	rood, 1210 yards carrés	10,117
	acre, 4 roods	40,467
Belgique	are	1,000
	hectare	100,000
Canaries (iles)	fanegada	20,256
Ecosse	acre	51,419
Espagne	fanegada	45,984
	arranzada	38,652
France	are, 100 m. carrés	1,000
	hectare, 100 ares	100,000
Hanovre	morgen	25,918
Ioniennes (iles)	moggio	97,119
Irlande	acre	65,549
Portugal	geira	58,275
Prusse	morgen	25,526
Rhin	—	85,158
Russie	déciatine, 2400 sagènes carrées	109,250
Saxe	acre	55,098
Suède	tunneland	49,529
Suisse	faux	65,674
Toscane	quadrato	34,062

MESURES DE CAPACITÉ POUR LES LIQUIDES.

VILLES.	NOM.	Valeur en litres.
		lit.
Alicante	cantara	11,554
Amsterdam	stekan de vin	19,405
	— d'eau-de-vie	18,759
	— de bière	19,656
Ancône	soma	85,917
Anvers	stoop	2,748
Augsbourg	maass	1,479
Bâle	ohm	50,026
Barcelone	carga	23,756
Bergame	brenta	72,761
Berlin	anker	37,450
Berne	maass	1,671
Bologne	corba	73,782
Brême	stubchen	3,187
Breslau	eimer	55,532
Cassel	quartlin	8,175
Cologne	viertel	5,980
Constantinople	almud	5,227
Copenhague	viertel	7,726
	anker	37,655
Dantzick	ohm	149,756
Dresde	eimer	67,639
Ferrare	mastello	55,378
Ferrol	ferrado	17,074
Fiume	orna	53,305
Florence	baril de vin	45,584
	— d'huile	33,428
Francfort-sur-Mein	viertel	7,373
Gênes	baril de vin	74,225
	— d'huile	64,657
Genève	setier	45,224
Hambourg	ahm	144,786
Heidelberg	maass	2,300
Kœnigsberg	stof	1,433
Leipsick	eimer	76,099
Libau	oxhoft	236,548
Lindau	quart	2,294
Lisbonne	almude	16 541
Livourne	baril de vin	45,584
	— d'huile	33,428
Lubeck	viertel	7,244
Lucques	coppo d'huile	99,839
Malaga	arroba	15,850
Mantoue	moggio d'huile	111,489
Mayence	maass	1,868
Messine	salma de vin	87,360
	caffiso d'huile	11,699
Milan	brenta	71,405
Munich	eimer de vin	37,020
Naples	baril de vin	41,685
	— d'huile	161,959
Nuremberg	eimer visiermass	67,984
	— schenkmass	63,439
Oporto	almude	25,480
Oviédo	cantara	19,286
Prague	eimer	61,467
Raguse	baril	77,075
Ratisbonne	grand eimer	113,620
	berg eimer	87,812
Revel	anker	42,276
Riga	—	39,097
Rio-Janeiro	médida	2,651
Rome	baril de vin	58,341
	— d'huile	57,480
Rotterdam	ahm	151,380
Schaffhouse	maass	1,511
Stralsund	stubchen.	3,883
Trieste	orna de vin	56,564
Tunis	millerolle	64,330
	mettar d'huile	19,397
Valence	arroba	11,786
Venise	secchio	10,800
	miro d'huile	15,258
Vérone	brenta	72,377
	bassa d'huile	4,522
Zurich	maass rural	1,823
	maass de ville	1,642
	maass d'huile	1,370

PAYS.	NOM	
Abyssinie	cuba	1,016

PAYS.	NOM.	Valeur en litres.
Angleterre	gallon impérial	4,543
Aragon	cantaro de vin	10,313
	cantaro d'eau-de-vie	13,970
Autriche	eimer	56,564
Belgique	litre	1,000
	hectolitre	100,000
Canaries (îles)	arroba	16,073
Candie	mistate d'huile	11,164
Chypre	cass	4,731
Corfou	baril	68,133
Ecosse	pinte	1,694
Espagne	arroba de vin	16,137
	arroba d'huile	12,564
France	litre, décimètre cube	1,000
	hectolitre	100,000
Galice	moyo	161,991
Hanovre	alim	155,552
Hongrie (basse)	eimer	56,852
Hongrie (haute)	tokay anthal	50,534
	eimer	73,316
Irlande	gallon	3,565
Majorque	quartin	27,131
Malte	caffiso d'huile	20,810
Mecklembourg	anker	36,199
Minorque	gerra	12,063
Pologne	garniec	1,590
Prusse	eimer	68,690
Russie	védro	12,299
	stof $\frac{1}{8}$ de védro	1,537
	crouchka $\frac{1}{10}$ de védro	1,230
Suède	kann	2,615
Zante	baril	66,707

MESURES DE CAPACITÉ POUR LES GRAINS.

VILLES.	NOM.	Valeur en litres. lit.
Aix-la-Chapelle	fass	23,959
Alexandrie	rebebe	157,092
Alger	tarrie	19,974
Alicante	cahiz	246,412
Amsterdam	mudde	111,256
Ancône	rubbio	286,100
Arnheim	malder	136,541
Augsbourg	schaf	439,341
Barcelone	quartera	68,419
Bâle	sack	128,957
Bergame	soma	164,187
Bergen	toende	139,084
Berlin	scheffel	52,107
Berne	mutt	168,120
Bilbao	fanega	60,104
Bologne	corba	73,786
Botzen	scheffel	109,081
Breda	viertel	85,826
Brême	scheffel	71,098
Breslau	scheffel	69,903
Cadix	fanega	56,351
Cassel	viertel	142,722
Clèves	malter	179,492
Coblentz	malter	159,632
Cologne	malter	162,073
Constantinople	killow	33,148
Copenhague	toende	139,084
Dantzick	scheffel	54,680
Dresde	scheffel	105,788
Ferrare	stajo	31,281
Fiume	metze	62,470
Florence	stajo	24,369
Francfort-sur-Mein	malter	107,984
Gênes	mina	120,716
Genève	coupe	77,653
Groningue	mudde	91,028
Hambourg	scheffel	105,296
Hanau	malter	112,539
Harlem	sack	79,050
Heidelberg	malter	102,986
Kœnisberg	scheffel	51,648
Leipsick	—	138,969
Leyde	sack	68,271
Libau	loof	68,657
Lisbonne	alqueire	13,515
Livourne	sacco	72,672
Lubeck	scheffel de froment	33,444
	— d'avoine	39,244
Lucques	stajo	24,120
Lunebourg	scheffel	62,250
Magdebourg	—	51,648
Malaga	fanega	56,351
Manheim	malter	102,986
Mantoue	stajo	35,164
Mayence	malter	91,073
Middlebourg	sack	72,387
Milan	stajo	18,270
Modène	—	70,476
Munich	scheffel	362,622
Naples	tomolo	51,157
Nice	charge	60,000
Nuremberg	malter	167,137
Oviédo	fanega	72,410
Parme	stajo	51,370
Prague	strick	106,771
Raguse	stajo	148,653
Ratisbonne	maass	262,445
Revel	tonne	118,290
Riga	loof	68,269
Rome	rubbio	294,465
Rostock	scheffel	38,877
Rotterdam	sack	103,583
Salonique	killow	194,010
Smyrne	—	51,321
Stettin	scheffel	52,107
Stralsund	—	38,966
Trieste	stajo	82,611
	metzen	60,733
	polonick	30,367

PAYS.	NOM.	
Açores	alqueire	11,978
Angleterre	bushel, 8 gallons.	36,348
Aragon	cahiz	180,486
Autriche	metze	61,500
Belgique	litre	1,000
	hectolitre	100,000
Calabre	tomolo	51,108
Canada	minot	38,327
Canaries (îles)	fanega	62,611
Candie	carga	152,193
Chypre	medimno	75,097
Corogne	ferrado	16,746
Ecosse	firlot de froment	36,005
	firlot d'orge	52,525
Espagne	fanega	54,800
France	litre	1,000
	hectolitre	100,000
Hanovre	himten	31,100
Holstein	toende	139,084
Majorque	quartera	70,476
Malte	salma	89,672
Mecklembourg	scheffel	42,456
Minorque	quartera	70,476
Perse	artaba	65,757
Pologne	korzec	51,137
Prusse	scheffel	54,952
Russie	tchetvert, 8 tchetvérics	209,817
	osmine, 4 tchetvérics	104,908
	tchetvéric	26,227
	garnitz, do tchetvéric	3,278

PAYS.	NOM.	Valeur en litres.
Sardaigne	starello	48,961
Sicile	salma grossa	344, 33
	— generale	276, 69
Suède	tunna de 32 kappar	146,490
	kann	2,615
Wurtemberg	scheffel	178,440
Zante	corfu misura	21,062
Zélande	sack	74,660

—

POIDS POUR L'OR ET L'ARGENT.

VILLES.	NOM	Valeur en gramm.
		gr.
Alep	métical	4,729
Alger	—	4,729
Augsbourg	marc	236,037
Bassora	miscal	4,665
Berne	marc	246,877
Bologne	libbra	361,957
Bombay	tola	11,597
Breslau	marc	205,613
Caire	rottolo	431,125
Calicut	miscal	4,470
Cologne	marc	233,769
Constantinople	chequee	321,173
Cracovie	marc	198,846
Damas	once	29,804
Florence	libbra	339,510
Gênes	—	316,963
Genève	marc	245,231
Gottembourg	poids pour l'or	444,084
	— pour l'argent	424,743
Hambourg	marc de Cologne	233,769
Kœnigsberg	—	195,898
Liége	—	246,028
Lisbonne	— 64 oitavas	229,460
Livourne	libbra	339,510
Madras	pagode étoilée poids	3,401
Milan	marc	235,033
Moca	vakia	30,970
Munich	marc	233,891
Naples	libbra	320,692
Neufchâtel	livre, poids de marc	489,503
Nuremberg	marc	237,786
Prague	—	253,725
Ratisbonne	poids couronne	429,592
	— ducat	225,507
	— d'argent	246,028
Revel	marc	215,498
Riga	—	209,018
Rome	libbra	339,154
Smyrne	chequee	321,206
Stockholm	marc	210,574
Tripoli	metical	4,768
Tunis	—	3,932
Turin	marc	245,935
Valence	—	230,504
Varsovie	—	201,697
Venise	—	238,531
Vienne (Autriche)	—	280,743
Wilna	—	194,764
Zurich	—	234,346

PAYS.	NOM.	Valeur en gramm.
		gr.
Allemagne	marc de Cologne	233,769
	— de l'association douanière	233,855
Angleterre	livre troy impériale	373,238

PAYS.	NOM.	Valeur en gramm.
Belgique	gramme	1,000
	kilogramme	1000,000
Bengale	sicca	11,636
Chine	tale	37,566
Chypre	occa	126,797
Danemark	marc	235,389
Espagne	—	230,250
France	gramme	1,000
	kilogramme	1000,000
Hanovre	marc de Cologne	233,769
	— ancien	246,080
Hollande	liv. nouvelle de 10 onc.	1000,000
	once, ou 100 looden, ou gros	100,000
	wigte, ou esterling	1,000
	korrel	0,100
Madère	marc	229,250
Malte	libbra	316,617
Perse	derham	9,790
Prusse	marc	233,855
Russie	livre, 9216 doli	409,512
	solotnic, 96 doli	4,266
	doli	0,044
Saxe	marc	233,452
Wurtemberg	—	233,904

—

POIDS A L'USAGE DU COMMERCE.

VILLES.	NOM.	Valeur en gramm.
		gr.
Aix-la-Chapelle	livre	311,001
Alep	oke de 400 drams	1266,683
Alexandrie	rottolo forfori	423,869
	rottolo zaydini	605,481
Alger	rottolo	539,717
Alicante	livre pesante	517,292
	— légère	344,881
Amsterdam	— vieux poids	494,090
Ancône	libbra	330,043
Augsbourg	livre pesante	491,112
	— légère	472,657
Barcelone	libbra	400,025
Bâle	livre, poids de marc	489,505
Bassora	vakia tary	538,583
Bergame	libbra, peso grosso	815,653
	— peso sottile	326,227
Bergen	livre	499,935
Berne	—	522,223
Bilbao	— pesante	715,109
	— légère	489,827
Bologne	libbra	361,957
Brême	livre	498,578
Breslau	—	405,273
Bruxelles	— ancienne	467,700
	kilogramme	1000,000
Caire	rottolo	430,866
Cassel	livre	486,004
Cologne	—	467,539
Constance	—	472,009
Constantinople	oke	1284,825
Copenhague	livre	500,194
Cracovie	—	404,950
Crémone	libbra	327,847
Damas	rottolo	1785,829
Dantzick	livre.	468,510
Ferrare	libbra.	345,859
Fiume	poids funtt.	558,701
Florence	libbra.	339,510
Francfort-sur-Mein	livre.	467,159
Gênes	libbra, peso grosso.	348,645
	libbra, peso sottile.	316,962

VILLES	NOM	Valeur en gramm.
Genève	livre forte	550,602
	— légère	458,834
Hambourg	—	484,384
Kœnigsberg	—	468,510
Leipsick	—	466,891
Liége	—	474,925
Livourne	libbra	339,510
Lubeck	livre	484,709
Lucques	libbra, peso grosso	373,448
	libbra, peso sottile	357,770
Lunebourg	livre	488,531
Manheim	—	494,88[illegible]
Mantoue	libbra	315,602
Milan	— peso grosso	763,123
	— peso sottile	327,012
Modène	—	319,521
Naples	rottolo	890,632
Neufchâtel	livre, poids de fer	520,215
Nuremberg	—	510,226
Oran	rottolo	503,758
Oviédo	libbra	699,100
Padoue	— peso grosso	478,715
	— peso sottile	340,158
Parme	—	326,422
Patras	livre	399,637
Pernau	—	416,612
Prague	—	514,448
Raguse	—	374,064
Ratisbonne	—	568,679
Revel	—	430,996
Riga	—	418,038
Rome	libbra	339,121
Rotterdam	livre	494,039
	— légère	469,288
Salzbourg	—	560,012
Smyrne	oke	1284,825
Stralsund	vieille livre	483,348
Trieste	livre	560,012
Tripoli (Syrie)	oke	211,127
Tripoli (Afrique)	rottolo	507,969
Tunis	rotul	503,660
Turin	libbra	368,796
Ulm	livre	468,705
Valence	— forte	532,978
	— légère	355,350
Varsovie	—	377,866
Venise	libbra, peso grosso	477,109
	— peso sottile	301,282
Vérone	— peso grosso	497,343
	— peso sottile	332,612
Wurtzbourg	livre	476,998
Zurich	— forte	527,277
	— légère	468,640

PAYS.	NOM.	Valeur en gramm.
Abyssinie	rottolo	311,001
Angleterre	livre avoir du poids	453,558
Aragon	libbra	349,799
Autriche	livre	560,012
Bavière	—	560,000
Belgique	kilogramme	1000,000
Canaries (îles)	libbra	460,500
Candie	rottolo	527,601
Chine	catty	604,703
Chypre	rottolo	2378,384
Ecosse	livre, poids holland	492,419
Espagne	libbra	460,500
France	kilogramme	1000,000
Galice	libbra	576,122
Hanovre	livre	486,652
Japon	catty	589,607
Madère	libbra	458,921
Majorque	rottolo	40[illegible],026
Malte	—	791,499
Maroc	livre	559,717
Mecklenbourg	—	485,218
Perse	batman de Cherray	5751,692
	batman de Tauris	2875,846
Piémont	libbra	368,875
Portugal	arratel	458,921
Prusse	livre	467,702
Russie	—	409,512
Sardaigne	libbra	396,851
Saxe	livre	467,141
Sicile	rottolo grosso	877,392
	— sottile	797,629
	libbra	319,052
Suède	livre	425,082
Toscane	—	339,581
Wurtzbourg	—	467,738

POIDS POUR LES DIAMANTS ET LES PERLES FINES.

Le poids qui sert à peser les diamants, les perles fines et les pierres précieuses, se nomme généralement *karat* ou *carat*. Il se divise en 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64.

D'après Jacques Bruce, le mot *karat* viendrait d'une érythrine nommée *kouara* en Afrique, dont les semences, petites fèves rouges avec un point noir, sont employées dans les Indes orientales pour peser les diamants et les perles.

Dans la Métrologie de Paucton, le karat est évalué 3 grains 876 millièmes, poids de marc; ce qui représente 205 milligr. 872 millièmes.

Le karat varie si peu d'un pays à un autre, que l'on peut le considérer comme universel.

FRANCE.

Les diamants se pèsent à l'once de 29 grammes 592 milligrammes. Cette once vaut 144 karats et chaque karat 4 grains.

	Valeur en milligr.
Karat.	205,5000
1/2.	102,7500
1/4 ou 1 grain.	51,3750
1/8.	25,6875
1/16.	12,8438
1/32.	6,4219
1/64	3,2109

ANGLETERRE.

	Valeur en milligr.
Les diamants se pèsent à l'once troy de 20 deniers, le denier se divise en 24 grains.	
151 2/3 karats diamants valent 1 once troy, ou 480 grains troy.	
Grain troy.	64,7980
karat diamant ou 3 grains troy 17 centièmes.	205,4090
1/2, 1/4, 1/16, 1/32, 1/64 de karat en proportion.	
Les perles fines se pèsent à l'once troy de 20 deniers, mais le denier se divise en 30 grains.	
L'once troy vaut 600 grains perles.	
5 grains perles valent 4 grains troy.	259,1920
Grain perle.	51,8380

ALLEMAGNE.

Les diamants, les perles et les pierres précieuses se pèsent au karat 205,4000

AMSTERDAM.

Les diamants se pèsent au marc de 4200 karats.

Marc vaut 160 engels, ou 246 grammes 83 milligr.

1 engel vaut 7 1/2 karats, ou 1 gram. 538 milligr.

Karat.	205,0140

BERLIN.

karat.	205,1400

ESPAGNE.

Les diamants se pèsent à l'once de Castille de 140 quilatés ou karats; elle vaut 28 gr. 755 milligr.

Karat, ou 3 1/6 grains troy.	205,3950

FLORENCE.

Karat.	197,2000

FRANCFORT-SUR-LE-MEIN.

Un marc de Cologne ou 233 gramm. 759 milligr. comprend 1136 karats.

Karat.	205,7700

HAMBOURG.

Karat.	205,4400

HOLLANDE.

Karat, ou 3 grains troy 186 milliém.	206,4160

INDES-ORIENTALES.

Amboyne, le karat 3 grains troy 38 centièmes.	219,0000

Bombay, les perles sont évaluées comme les diamants, par le carré de leur poids karat.

Le poids réel pour les perles est le tank.

Le tank se divise en 24 ruttees, il vaut 72 grains troy ou 4 grammes 665 milligrammes.

Ruttee contenant 13 3/4 tucka.	194,3750
Tucka.	14,1360

Madras. Les diamants taillés sont évalués suivant le carré du double de leur poids karat.

Karat, ou 3 1/5 grains troy.	207,3553

Le poids réel pour les perles est le mangelin, qui se divise en 16 parties.

Mangelin.	390,0000
1/16 de mangelin.	24,3750

Scindy, côte du Malabar, les diamants et les perles se pèsent au rattee de 8 hublas, qui vaut 1 gramme 40 milligramm.

Hubla ou 2 grains troy.	130,0300

LISBONNE.

Les diamants et les pierres précieuses se pèsent au quilas, ou karat de 4 graos.

151 1/6 karats valent 1 once troy ou 31 gram. 103 milligr.

Karat diamant, ou 4,13 graos, ou 3,175 grains troy.	205,7500

LIVOURNE.

arat vaut 4 grains toscans, ou 3 1/2 grains troy.	215,9900

La valeur approximative des diamants bruts s'obtient en élevant au carré leur poids karat et en multipliant ce nombre par 50 fr. ou 2 livres sterling.

Pour un diamant brut de 3 karats, on multiplie 9, carré de 3, par 50, ce qui donne 450 francs.

Quant aux diamants travaillés, ils sont supposés avoir perdu la moitié de leur poids primitif pour arriver à l'état de perfection où ils se trouvent lorsqu'ils sortent des mains du lapidaire; pour en connaître la valeur, on est dans l'usage de doubler leur poids karat, de l'élever au carré et de multiplier par 50 francs.

Ainsi, pour un diamant travaillé pesant 3 karats, on multiplierait par 50 le carré 36 de 6 ou de 2 fois 3, et l'on trouverait 1800 francs.

Mais la valeur réelle ne pourra s'obtenir que par le cours commercial. Si le prix courant d'un diamant de 1 karat était de 125 fr., la valeur d'un diamant de même eau pesant 3 karats s'obtiendrait en multipliant par 125 le carré 9 du poids karat 3, et l'on trouverait 1125 francs.

MICROSCOPE. — (de μικρός, et σκοπέω, je regarde), appareil de dioptrique qui sert à grossir les objets. On en distingue de deux sortes : les simples et les composés. Les microscopes simples ne sont formés que d'une seule lentille bi-convexe ou plano-convexe, ou bien de plusieurs lentilles superposées n'agissant que comme une seule lentille: les premiers portent généralement le nom de loupes; on donne le nom de doublet à un assemblage de deux lentilles plano-convexes séparées par un diaphragme qui, interceptant les rayons des bords, permet de recevoir une image plus exempte d'aberration.

Le microscope composé consiste en une lentille d'un court foyer, tout près de laquelle on place l'objet à examiner, qui doit être vivement éclairé, et dont elle donne en arrière une image très grossie; une seconde lentille, plus faible, nommée l'oculaire, placée contre l'œil, sert encore à grossir 8 ou 10 fois l'image. Mais, comme le microscope aurait ainsi peu de champ et de clarté, on remédie à ces inconvénients par l'interposition d'une troisième lentille d'un foyer deux fois plus long que l'oculaire, et placée à une distance de cet oculaire un peu moindre que la somme de leurs longueurs focales. Le grossissement de l'image devient alors deux ou trois fois moins considérable, mais le champ se trouve beaucoup agrandi et la clarté est augmentée. On ne sait à qui il faut attribuer l'invention du microscope composé : les uns l'accordent à Drebbel; mais Montucla réfute cette opinion. Fontana la revendique pour lui. On ne peut dire jusqu'à quel point toutes ces prétentions sont fondées.

Selligue le premier imagina d'adapter au microscope des lentilles achromatiques de flint-glass, et de crown-glass, qui permirent de superposer un plus grand nombre de lentilles et d'augmenter ainsi le grossissement. Seulement il est fort difficile de travailler ces verres, dont les courbures doivent coïncider parfaitement entre elles; aussi faut-il souvent essayer un grand nombre de combinaisons de lentilles achromatiques avant d'être satisfait.

On obtient des différences de grossissement, soit en changeant l'oculaire monté dans un tube avec un verre de champ correspondant, soit en faisant varier le jeu des

lentilles, soit en allongeant ou raccourcissant le corps de l'instrument. L'intérieur du tube doit être enduit d'une couleur noire veloutée, ou même de velours, pour éviter la réflexion intérieure de la lumière. On place, en outre, un diaphragme au foyer de l'oculaire pour arrêter les rayons transmis par le bord des lentilles. On tend sur ce diaphragme deux fils de soie en croix pour se guider dans l'observation des objets.

L'instrument doit être posé d'une manière complétement immobile. Dans les microscopes de Charles Chevallier, cette stabilité est obtenue en fixant le tube par une charnière au sommet d'une colonne carrée vissée sur la cassette destinée à le serrer; le long de la colonne et sous l'instrument, on fait glisser, au moyen d'une crémaillère, la platine qui doit supporter l'objet, qu'on peut ainsi élever ou abaisser pour le rapprocher de la lentille. En remplaçant sur ce pied le microscope composé par un bras horizontal supportant une lentille simple où des doublets, on a le microscope dit de Raspail, le plus commode des microscopes simples.

Quand le microscope composé doit être horizontal, on remplace la pièce qui contient les lentilles par une autre pièce fermée à l'extrémité, et renfermant un prisme rectangulaire de verre sur l'hypothénuse duquel viennent se réfléchir, à angle droit, les rayons reçus par le bout du tube fixé en dessous et destiné à recevoir les mêmes lentilles que celles de l'instrument vertical.

Dans le microscrope de Georges Oberhauser et Trécourt, dit à platine tournante ou à tourbillon, la platine reste toujours à la même hauteur, le corps de microscope s'élève ou s'abaisse, avance ou recule au-dessus de la platine, pour arriver devant l'objet. Tous les microscopes, ont du reste les moyens de faire parvenir la platine au point nécessaire.

Le célèbre opticien Frauenhofer, qui adapta le premier des chariots aux microscopes pour faire marcher la platine, les faisait mouvoir par des vis micrométriques munies de cadrans divisés, de sorte qu'on pouvait calculer le chemin parcouru par un objet et conséquemment mesurer son diamètre, en se donnant pour point de départ la ligne formée dans le champ de l'instrument par un fil de cocon fixé au foyer de l'oculaire.

L'éclairage du microscope diffère suivant qu'on veut observer les objets par transparence ou par réflexion. Dans le premier cas, ou l'on reçoit directement une lumière quelconque, ou bien on concentre cette lumière en la faisant réfléchir par un miroir concave; dans le second cas, on doit distinguer si la distance focale est assez grande pour permettre d'éclairer directement, et alors on dirige sur l'objet un rayon de lumière solaire ou autre, qu'on peut même concentrer au moyen d'une large lentille, surtout si c'est de la lumière des nuées ou d'une lampe qu'on se sert; ou bien, si la distance focale est trop petite, on adapte à l'objectif, ou à la lentille, si c'est un microscope simple, un miroir concave d'un très-court foyer, sur lequel on fait arriver la lumière, soit directe, soit réfléchie, qu'il concentre sur l'objet. On doit à M. Dujardin un nouveau mode d'éclairage qui permet d'employer une plus grande quantité de lumière et conserve aux objets la netteté de leurs contours, même à des grossissements considérables. Son appareil se compose d'un miroir à faces parallèles ou d'un prisme réflecteur parfaitement isocèle, qui réfléchit la lumière dans l'axe du microscope, puis d'un appareil de concentration au moyen duquel la lumière réfléchie vient illuminer le champ de l'instrument sans aberration de sphéricité ni de réfrangibilité.

Pour modérer à son gré l'intensité de la lumière, on a imaginé différents systèmes d'écrans ou diaphragmes qui interceptent plus ou moins la lumière et promènent des ombres aux endroits nécessaires. Dans les observations microscopiques, il est indispensable de se mettre à l'abri de toute lumière étrangère, comme d'une lumière incidente trop considérable ou de la lumière réfléchie par différents objets; pour cela il convient de ne recevoir la lumière que par une partie seulement d'un volet. Spallanzani travaillait dans une chambre obscure où pénétrait le seul rayon de soleil reçu sur les objets. D'autres précautions sont indiquées par l'expérience. Certaines substances sont plus faciles à étudier dans quelques liquides et exigent l'emploi de lames de verre très-minces. Pour l'étude des insectes, on a de petites pinces à ressort qui tiennent l'objet immobile et permettent d'en écarter les parties avec des aiguilles emmanchées.

Les usages du microscope nécessitent l'emploi de deux instruments accessoires; l'un, le micromètre, sert à trouver le pouvoir amplifiant du microscope : c'est tout simplement une plaque de verre sur laquelle on a tracé les divisions les plus délicates du millimètre, 10e, 100e, etc., et qui, mise à la place des objets, indique le grossissement de l'instrument par la comparaison de ces petites divisions reçues sur une autre plaque divisée en millimètres; l'autre accessoire est une camera lucida, qui se compose d'un petit miroir d'acier poli réfléchissant l'image grossie de l'objet soumis au microscope sur un papier, où la main de l'observateur peut facilement la dessiner en suivant simplement ses contours.

Comme, dans le microscope, l'objet doit être presque au foyer, il est facile d'en estimer le grossissement; car on trouve que la distance focale est à 8 pouces, distance ordinaire de la vue distincte, comme l'unité est au nombre qui exprime l'amplification. Le nombre de grossissements que donne cette règle indique seulement l'amplification du diamètre d'un objet. Si l'on veut connaître l'amplification de sa surface, on doit prendre le carré de chaque nombre; pour avoir le grossissement du corps entier dans les trois dimensions, il faut élever le même

nombre à la troisième puissance. Ainsi, un microscope dont la distance focale est de 0,1 pouce grossit le diamètre 80 fois, la surface 6,400 fois, le corps 512,000 fois. Ce dernier nombre étant le plus fort, c'est celui dont on se sert souvent pour indiquer le grossissement d'un microscope ; mais, au moyen de cette exagération, on est étonné qu'avec un instrument qui grossit un demi-million de fois, le diamètre ne paraisse que 80 fois plus grand. Dans les lunettes, on se sert de la dénomination plus juste que donne l'amplification du diamètre.

Le principe du microscope solaire, inventé vers 1740 par Lieberkühn, de l'Académie de Berlin, comme du microscope à gaz, est tout différent de celui du microscope composé : c'est, pour ainsi dire, une lanterne magique destinée à peindre sur une muraille blanche ou sur un écran une image très-amplifiée d'un objet vivement éclairé. Pour obtenir une telle image, il suffit de placer une lentille entre l'objet et l'écran, de telle sorte que les distances soient exactement celles des foyers conjugués. Mais pour que ces images soient bien distinctes, il faut que l'écran ne reçoive pas d'autre lumière que celle qui a traversé la lentille, et que l'objet soit très-fortement éclairé ; or, comme la même quantité de lumière est employée à illuminer une image de plus en plus grandie, il en résulte que son intensité ou sa clarté décroît en raison de l'agrandissement. On pare à cet inconvénient en plaçant l'objet dans une chambre obscure, sous un faisceau de rayons de lumière fortement concentré par des lentilles contenues dans un tube. Dans ces derniers temps, on a imaginé de substituer à la lumière du soleil, pour cet instrument, la lumière produite par la chaux vive tenue en incandescence à l'aide d'un jet de gaz hydrogène avec le concours d'un jet de gaz oxygène. Cette lumière a en effet un éclat des plus vifs, et, comme elle est immobile, on n'a pas besoin de la recevoir sur un miroir réflecteur. Son intensité peut encore être augmentée par un miroir concave, placé en arrière comme dans les phares. La lumière solaire, au contraire, a l'inconvénient de changer de direction à chaque instant ; il faut donc que le miroir placé en dehors du volet et sur lequel se concentre la lumière ait un mouvement qui le fasse continuellement tourner vers le soleil en suivant le mouvement céleste, comme, par exemple, à l'aide d'un héliostat. Un autre inconvénient du microscope solaire, c'est la concentration du calorique sur l'objet par le miroir. On a tâché d'y remédier par un jet d'eau que l'on fait couler entre deux lames de verre. Jusqu'ici cet instrument n'a été qu'un objet de curiosité, sans aucune application vraiment utile.

Le mégascope (de μέγας, grand, et σκοπέω) est une sorte de microscope solaire qui se réduit à une simple lentille appliquée au volet d'une chambre obscure, de manière à former dans son intérieur une image distincte des objets placés en dehors dans le prolongement de l'axe du verre (1).

MIROIR. — Le miroir est un corps dont la surface représente par réflexion les images des objets qu'on met au devant. Miroir, dans un sens moins étendu, signifie une glace de verre fort unie, et étamée par derrière, représentant les objets qui y sont offerts. Miroir, en catoptrique, signifie un corps poli, qui ne donne point passage aux rayons de lumière et qui par conséquent les réfléchit.

La science des miroirs est fondée sur les principes généraux suivants : 1° la lumière se réfléchit sur un miroir de façon que l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion. 2° Il tombe sur un même point du miroir des rayons qui partent de chaque point de l'objet radieux et qui se réfléchissent ; et, par conséquent, puisque les rayons qui partent de différents points d'un même objet et qui tombent sur un même point du miroir ne peuvent se réfléchir en arrière vers un même point, il suit de là que les rayons envoyés par différents points de l'objet se sépareront de nouveau après la réflexion, de façon que la situation de chacun des points où il parviendra pourra indiquer ceux d'où ils sont partis. De là vient que les rayons réfléchis par les miroirs représentent les objets à la vue. Il s'ensuit encore que les corps dont la surface est raboteuse et inégale doivent réfléchir la lumière de façon que les rayons qui partent de différents points se mêlent confusément les uns avec les autres.

Les miroirs peuvent être distingués en miroirs plans, concaves, convexes, cylindriques, coniques, paraboliques, elliptiques, etc. Les miroirs plans sont ceux dont la surface est plane. On les appelle ordinairement miroir tout court. Nous allons principalement nous en occuper, ayant parlé des autres dans l'article LUNETTE.

Les premiers miroirs artificiels furent de métal ; Cicéron en attribue l'invention au premier Esculape. Une preuve plus incontestable de leur antiquité, c'est l'endroit de l'Exode où il est dit qu'on fondit les miroirs des femmes qui servaient à l'entrée du tabernacle, et qu'on en fit un bassin d'airain avec sa base. Outre l'airain, on employa l'étain et le fer bruni ; on en fit depuis qui étaient mêlés d'étain et d'airain. Ceux qui se fabriquaient à Brindes passèrent longtemps pour les meilleurs de cette dernière espèce ; mais on donna ensuite la préférence à ceux qui étaient faits d'argent, et ce fut Praxitèle, différent du sculpteur de ce nom, qui les inventa ; il était contemporain de Pompée. On ornait de miroirs les appartements et on en incrustait les plats ou les bassins dans lesquels on servait les viandes, on en revêtait les tasses et les gobelets, qui multipliaient ainsi les visages des convives.

Il paraît que la forme des anciens miroirs était ronde ou ovale. Vitruve dit que les murs des chambres étaient ornés de miroirs et d'abaque, qui faisaient un mélange de

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

figures rondes et carrées. Ce qui nous reste des miroirs des anciens prouve la même chose.

En 1647, on découvrit à Nimègne un tombeau où se trouva entre autres meubles un miroir d'acier ou de fer pur, de forme orbiculaire, dont le diamètre était de 5 pouces romains: le revers en était concave et recouvert de feuilles d'argent avec quelques ornements.

Qoique le metal fût longtemps la seule matière employée pour les miroirs, il est cependant incontestable que le verre a été connu dans les temps les plus reculés : le hasard fit découvrir cette matière environ mille ans avant l'ère chrétienne. Pline dit que des marchands de nitre qui traversaient la Phénicie, s'étant arrêtés sur le bord du fleuve Bélus, et ayant voulu faire cuire leur viande, mirent, au défaut de pierre, des morceaux de nitre pour soutenir leur vase, et que ce nitre mêlé avec le sable, ayant été embrasé par le feu, se fondit et forma une liqueur claire et transparente, qui se figea, et donna la première idée de la façon du verre.

Il est d'autant plus étonnant que les anciens n'aient pas connu l'art de rendre le verre propre à conserver la représentation des objets, en appliquant l'étain derrière les glaces, que les progrès de la découverte du verre furent poussés chez eux fort loin. Quels beaux ouvrages ne fit-on pas avec cette matière ; quelle magnificence que celle du théâtre de M. Scaurus, dont le second étage était entièrement incrusté de verre? Quoi de plus superbe, suivant le récit de saint Clément d'Alexandrie, que ces colonnes de verre, d'une grandeur extraordinaire, qui ornaient le temple d'Aratus ?

Nous ignorons le temps où les anciens commencèrent à faire des miroirs de verre. Nous savons seulement que ce fut des verreries de Sidon que sortirent les premiers miroirs de cette matière: on y travaillait très-bien le verre, et on y faisait de très-beaux ouvrages, qu'on polissait au tour, avec des ornements de plat et de relief comme sur des instruments d'or et d'argent.

Il ne faut pas confondre les miroirs des anciens avec la pierre spéculaire; cette pierre était d'une nature toute différente, et employée à un tout autre usage; on ne lui donnait le nom de *specularis* qu'à cause de sa transparence ; c'était une sorte de pierre blanche et transparente qui se coupait par feuilles ; mais qui ne résistait point au feu. Ceci doit la faire distinguer du talc, qui en a bien la transparence et la blancheur, mais qui résiste à la violence des flammes.

On doit rapporter au temps de Sénèque l'origine des pierres spéculaires ; les Romains s'en servaient à garnir leurs fenêtres comme nous nous servons du verre, surtout dans les salles à manger, pendant l'hiver, pour se garantir des pluies: ils s'en servaient aussi pour la litière des dames, comme nous mettons des glaces à nos carrosses ; ils les employaient également pour les ruches, afin d'y pouvoir considérer l'ingénieux travail des abeilles. L'usage des pierres spéculaires était si général, qu'il y avait des ouvriers qui ne faisaient autre chose que de les travailler et de les mettre en place.

Outre la pierre appelée spéculaire, les anciens en connaissaient une autre appelée *pheugites*, qui ne cédait pas à la première en transparence : on la tirait de la Cappadoce ; elle était blanche et avait la dureté du marbre. L'usage en commença du temps de Néron ; il s'en servit pour construire le temple de la Fortune, renfermé dans ce riche palais, qu'il appela la Maison Dorée. Ces pierres répandaient une lumière éclatante dans l'intérieur du temple: il semblait, selon l'expression de Pline, que le jour y était plutôt renfermé qu'introduit, *tanquam inclusa luce, non transmissa*. Nous n'avons pas de preuves que la pierre spéculaire ait été employée pour les miroirs, mais l'histoire nous apprend que Domitien avait fait garnir de carreaux de pierres pheugites les murs de ses portiques, pour apercevoir, lorsqu'il s'y promenait, tout ce qui se faisait derrière lui, et se prémunir contre les dangers qui menaçaient sa vie.

Tel est le peu que l'histoire nous a transmis sur les miroirs des anciens, j'entends les miroirs en métal. Quant à ceux en verre, l'origine en est ignorée. On sait seulement qu'ils sont bien postérieurs aux autres.

Les Indiens de Caravaro et de Catiba dans le Nouveau-Monde portaient au cou des miroirs d'or ; leur pays n'était point avare de cette matière. Au commencement du XVIe siècle les Espagnols en rapportèrent en Europe. L'industrie des anciens Péruviens employait, au lieu de métaux, certaines pierres tirées des environs de Quito. Ces pierres étaient le *gallinace* et *l'inca*. Toutes deux, sous leurs mains adroites, se façonnaient en miroirs plans ou courbes. Dom d'Ulloa dit en avoir vu un d'inca dont le diamètre était de dix-huit pouces. Le cabinet du roi en renferme un autre de gallinace, trouvé dans une gouaque ou tombeau, sur la montagne de Pichencha ; ses deux côtes sont convexes, mais le poli se ressent du long séjour qu'il a fait dans la terre.

Mémoire sur la construction des miroirs à réflexion, qui n'offrent qu'une seule image bien nette et parfaitement terminée. — Newton, après avoir découvert au moyen de prisme que les rayons de lumière dans leur transmission au travers du verre ne suivaient pas la même route après en être sortis, crut qu'on ne pourrait point espérer de perfectionner les télescopes dioptriques ; car, pour avoir une image bien distincte et bien terminée, il faudrait que tous les rayons qui partent d'un même point de l'objet pussent, après leur traversée dans le verre, se réunir bien exactement au même point qu'on appelle foyer ; or c'est ce qui n'arrive point, car les rayons qui tombent le plus près de la lentille se réunissent plus loin que ceux qui tombent plus loin de cet axe. D'un autre côté, ces rayons se décom-

posant dans la traversée du verre, les rayons violets se réunissent plus tôt que les autres : c'est-à-dire que leur foyer est plus près de la lentille et que le foyer des rayons rouges en est plus éloigné. Les rayons des autres couleurs ayant leur foyer entre ces deux premiers, suivant le degré de leur réfraction, ce même auteur a trouvé par le calcul que l'erreur causée par la réfraction est infiniment plus grande que celle qui provient de la sphéricité, en sorte que, quand on emploierait des lentilles paraboliques ou de toute autre courbure, et qu'on parviendrait enfin à détruire, ou totalement corriger l'erreur de sphéricité, on n'en serait pas plus avancé, tant qu'on ne pourrait espérer de corriger l'erreur provenant de la réfraction. Ces réflexions le portèrent à recourir au miroir de reflet, où il n'y a que l'erreur de sphéricité, qui est incomparablement moindre que celle de la réfraction.

Si, d'après les observations d'Euler et les travaux de Dollong, on est parvenu à faire des télescopes dioptriques connus sous le nom de lunettes achromatiques, on a d'abord trop espéré, et le désir de voir la dioptrique perfectionnée a fait illusion à nos meilleurs auteurs; les travaux opiniâtres des meilleurs artistes, et les formules de Smith, de d'Alembert, d'Euler, de Boscowich, etc., ont fait voir à la longue que le succès n'est pas celui qu'on attendait. Boscowich a démontré, d'après une foule d'expériences faites avec le vitromètre, instrument de son invention, auquel il a appliqué un héliostat, pour ne rien précipiter dans ces opérations et en bien examiner l'effet à loisir, que les rayons solaires ne peuvent s'unir après la traversée du vitromètre, ou prisme composé de deux différentes substances diaphanes, que deux à deux. Un excellent objectif, que j'appelle achromatique pour me conformer à l'usage, composé de trois matières différentes, fait un effet supérieur.

Quoi qu'il en soit, les objectifs achromatiques, tels qu'ils ont paru jusqu'ici, sont rarement bons, et sont très-chers, soit à raison de la difficulté qu'on trouve à les construire, soit à raison de l'extrême rareté du bon flint-glass. — D'un autre côté, les télescopes catoptriques, que l'on a substitués aux dioptriques pour éviter le grand inconvénient des réfractions, ont aussi un désavantage marqué, outre qu'ils sont difficiles à construire, et par là très-dispendieux; les miroirs métalliques, composés ordinairement de rosette ou cuivre rouge, avec une certaine quantité d'étain, de zinc et de bismuth, sont très-sujets à se ternir; l'air, l'humidité et la brume de la mer en amènent la superficie au point qu'ils ne peuvent servir que pour la fonte. De tous ces points de fait, il paraît résulter qu'on tentera en vain de faire des miroirs de télescope avec du métal quelconque seul ou combiné avec d'autres, sans avoir à craindre les mêmes inconvénients que ceux que nous remarquons dans les miroirs en usage. Les tentatives qu'ont faites les grands génies du dernier siècle et de celui-ci sont décourageantes : Newton, rebuté de toutes ces difficultés, fit des miroirs de verre d'une concavité et d'une convexité égales. Les deux surfaces étant par ce moyen parallèles, la partie concave exposée aux rayons incidents sensiblement parallèles devait les rassembler en un point que l'on savait devoir être au quart du diamètre de courbure, tant que le segment sphérique est d'un petit nombre de degrés; la partie opposée, étant convexe d'un même rayon de courbure et bien étamée, devait renvoyer les rayons au quart du diamètre de courbure. Ces deux foyers ne devaient pas coïncider au même point, à cause de l'épaisseur du miroir. Après les expériences faites, on s'aperçut qu'effectivement ces deux foyers étaient différents; que celui de la surface concave était plus éloigné, et celui de la surface étamée plus proche du miroir, ce qui devait causer une confusion dans l'image. On aurait pu réparer cette méprise en donnant plus de longueur au diamètre de sphéricité de la partie convexe du miroir, et cette idée se présenta peut-être d'abord; mais ce qui fit poursuivre le projet, c'est qu'on méprisa la réflexion des rayons par la surface antérieure; on comptait que cette réflexion n'était presque rien en comparaison de celle produite par la surface étamée: il arriva pourtant que l'effet de cette réflexion méprisée troubla considérablement l'effet de l'autre, et que Newton lui-même n'en fut pas satisfait.

Le P. Boscowich, dans sa quatrième dissertation imprimée à Vienne en Autriche, en 1767, donne une méthode de correction au moyen de laquelle il croit qu'on pourrait employer le verre commun comme on emploie le métal. Cet auteur, après avoir déduit de la théorie des formules compliquées dans lesquelles il néglige plusieurs petites quantités, tire, au moyen du calcul différentiel, le théorème suivant : *In speculis vitreis ad corrigendum errorem diversæ refrangibilitatis pro radiis axi proximis, debet altera superficies esse cava, altera convexa, et secunda superficiei radius esse longior radio primæ ½ crassitudinis vitri.*

L'expérience a cependant démontré qu'on ne peut parvenir à corriger les erreurs causées par la double réfraction de la lumière : savoir, la première, dans la traversée de la lumière jusqu'à l'étamage; la seconde, pour sortir du verre après la réflexion faite par la surface étamée; ce qui peut venir en partie des défauts qui se trouvent dans le verre. C'est ce qu'éprouva Newton et qui l'obligea de recourir au miroir de métal.

Les miroirs de métal réfléchissent une lumière à peu près égale à celle que réfléchirait un miroir de verre étamé. Or, celle-ci est à peu près triple de celle que réfléchirait la surface antérieure de ce même verre. Pour s'en convaincre, il n'y a qu'à présenter une bougie allumée devant une glace à la distance de 18 à 20 pouces, et se placer de l'autre côté de la glace, à une distance de la glace un peu moindre, on apercevra deux lumières très-distinctes qui paraissent être

derrière la glace. La plus faible des deux lumières, et la plus proche de la glace, est celle causée par la réflexion de la surface antérieure de cette même glace ; la lumière la plus éloignée, dont l'éclat paraît sensiblement triple, est causée par la réflexion de la surface étamée. Or M. Bouguer a fait voir par expérience que la lumière réfléchie par la surface d'une lentille de verre n'est que la soixantième partie de celle qui traverse le verre de la lentille ; heureusement les miroirs métalliques n'étant affectés que de l'erreur de sphéricité, qui est incomparablement plus petite que celle de la réfraction, supportent une ouverture quarante fois plus grande, puisque, comme nous l'apprend la géométrie, les surfaces sont entre elles comme le carré des diamètres, qui sont ici les lignes homologues. Or un objectif ordinaire de trois pieds supporte à peine une ouverture d'un pouce, tandis qu'un télescope à réflexion de même foyer peut supporter une ouverture de six pouces et trois lignes; leurs surfaces sont donc entre elles comme 1 est à 40. D'où il est facile de conclure qu'un miroir de verre dont on n'emploierait que la surface concave seule, en supprimant la surface étamée, ne fournirait à son foyer que le tiers de la lumière que fournit un miroir métallique de même dimension ; par conséquent on ne pourrait y employer qu'un oculaire d'un plus long foyer, et sous la même longueur son effet serait triple ; mais aussi sur mer on n'a pas besoin d'un télescope qui grossisse considérablement : les plus grands vaisseaux disparaissent aux yeux du spectateur avant d'être à quatre lieues du rivage. 1° Il ne faut pas qu'un télescope soit d'une grande longueur pour apercevoir les satellites de Jupiter, dont les éclipses peuvent déterminer les longitudes. 2° Sur terre, les astronomes peuvent en avoir à peu de frais, de telle longueur qu'il leur plaira, suivant la nature des observations qu'ils auront à faire. Il suffirait pour la terre d'en avoir de six pieds. 3° Ces miroirs auraient un avantage qui compenserait d'une part ce qu'ils perdent de l'autre ; car on peut donner au verre qu'on travaille une sphéricité beaucoup plus exacte que celle des miroirs de métal.

Les plus habiles fondeurs conviennent qu'un métal fondu jeté dans le moule se retire en refroidissant, et ne se retire pas également. Or, les miroirs métalliques, ayant une fois pris la forme du moule, ne peuvent plus qu'être polis. On ne saurait remédier à ce défaut qu'en les remettant à la fonte. De là vient que l'erreur inévitable de la sphéricité devient par cet inconvénient double et quelquefois triple de celle d'un miroir concave de verre.

D'après cette considération et de cette théorie pratique, j'ai construit deux miroirs concaves de verre, l'un de 19 pouces de foyer, l'autre de 46, et, au lieu d'étamer la surface postérieure, je n'ai fait que lui ôter son poli pour rendre sa réflexion nulle, c'est-à-dire qu'en lui donnant une courbure convexe arbitraire; je l'ai simplement mise en état d'être polie, ou, comme parlent les ouvriers, je lui ai donné le dernier doucis. Plaçant ensuite ce miroir perpendiculairement sur le bout d'une longue règle, et dans l'axe de ce miroir, à une distance convenable, un petit miroir plan étamé, incliné à cet axe de 45 degrés suivant Newton, je vis avec plaisir que cet effet est le même que celui des télescopes à miroir de métal. Il m'a semblé que la distinction était plus marquée; mais, comme le jugement dépend d'un coup d'œil, je crains de me faire illusion; et l'expérience avec la confrontation apprendra mieux ce qu'il en faut croire.

Il est facile de voir que ce miroir peut également servir à la chambre d'ombre et pour réfléchir la lumière du soleil dans les microscopes solaires, en lui donnant la forme qu'on désire, plane ou sphérique, pourvu qu'on ait le soin de rendre nulle la réflexion de la surface postérieure en lui donnant un fin poli. Comme je ne propose point une nouvelle combinaison de matière à faire des miroirs, ni un procédé nouveau pour les polir, il serait inutile d'en parler. On verra sans peine qu'en faisant faire au verre la fonction de métal, c'est-à-dire en n'employant qu'une seule surface, toute sorte de verre, même de rebut, pour tout autre usage, est également bon pour les miroirs, les verres filandreux, gélatineux, etc.; car ces défauts, très-grands quand il est besoin de réfraction, deviennent nuls, quand il n'y a qu'une simple réflexion. Ainsi, ces miroirs auront l'avantage des miroirs métalliques sans en avoir l'inconvénient.

L'avantage dont on vient de parler n'empêche pas qu'on ne continue à faire des recherches sur la composition du flint-glass. Cette seconde découverte serait toujours très-précieuse, parce qu'avec les meilleurs télescopes de métal ou de verre, on est longtemps à pointer, principalement sur mer ; au lieu qu'avec les télescopes dioptriques achromatiques, on découvre l'objet avec plus d'aisance et de promptitude. Ceux qui ont voyagé sur mer nous diraient que le mouvement du vaisseau augmente la première difficulté, et se fait moins sentir dans les télescopes dioptriques achromatiques.

MONGOLFIÈRES. *Voy.* AÉROSTATION.

MONNAIES. *Voy* BALANCIER POUR LES MONNAIES.

MONTRE. — (Démonstration, indication.) Ce nom fut d'abord celui du cadran des horloges, qu'on appelait la montre de l'horloge; appliqué ensuite aux petites horloges de poche, le nom de la partie qui seule indiquait l'heure est devenu celui de la machine entière. On a donné la description de cet ingénieux instrument au mot HORLOGERIE (*Voy. ce mot*); mais nous nous sommes réservé d'ajouter ici quelques mots sur les montres plus compliquées, et sur l'histoire de leur mécanisme.

Le premier pas de leur invention fut la substitution d'un ressort comme moteur à l'action des poids des horloges. Mais on s'aperçut bientôt que la force du ressort va-

riait suivant son degré de tension, en sorte que la marche de la montre s'accélérait d'abord et se ralentissait ensuite : pour obvier à cet inconvénient, après plusieurs tentatives, on imagina la fusée, dont la forme conique sert à rétablir l'équilibre nécessaire entre la force motrice et la résistance. On voit en effet que lorsque le ressort a toute son énergie, c'est-à-dire quand la montre vient d'être montée, la traction de la chaîne s'opère sur le plus petit diamètre de la fusée pour agir successivement sur un diamètre qui s'accroît à mesure que la puissance du ressort diminue, et l'on comprend que chaque diamètre successif de la fusée sur lequel agit la chaîne est un bras de levier qui, devenant de plus en plus grand, offre une résistance moindre à l'action décroissante du ressort. Pour communiquer à cette fusée le mouvement produit par le ressort, on se servit longtemps d'une corde de boyau, qui était une autre source d'inégalités ; car cette corde, soumise à l'action hygrométrique de l'air, se raccourcissant ou s'allongeant suivant la sécheresse ou l'humidité, faisait continuellement retarder ou avancer la montre dans le plus petit espace de temps. Enfin, on parvint à faire de très-petites chaînes d'acier, qu'on substitua aux cordes de boyau, et le ressort spiral ayant été inventé à peu près vers la même époque, les montres acquirent une justesse à laquelle de nouvelles découvertes n'ont fait qu'ajouter.

Le plus usité des échappements est celui dit à cylindre, d'où les montres qui en sont pourvues ont pris le même nom. On l'appelle ainsi de la forme de la pièce essentielle qui entre dans sa composition. Cette pièce est un cylindre creusé et entaillé, qui oscille sur son axe, et présente alternativement sa courbure intérieure et sa courbure extérieure aux dents de la roue d'échappement, contre laquelle il frotte, et qu'il arrête momentanément. Le balancier ayant le même axe que le cylindre, on sent qu'ils dépendent tous deux de la roue de rencontre, qui, par le frottement, influe sur leur oscillation. Les échappements à cylindre ont subi bien des modifications depuis leur invention par Graham. On fit d'abord la roue en cuivre et le cylindre en acier ; mais ce mécanisme s'usait promptement, et on l'abandonna ; cependant un horloger ayant imaginé de faire la roue aussi en acier trempé, le système reprit faveur. Enfin, F. Berthoud eut l'heureuse idée de substituer à l'acier, pour les cylindres, les pierres fines d'une grande dureté, telles que le rubis, ce qui assure à ces montres une très-longue durée. Ordinairement, pour faire tourner les cylindres autour d'un axe, on emmanche dans leurs extrémités deux tampons d'acier, dont l'un se termine par un pivot, et l'autre porte le balancier avec son ressort spiral.

Les pierres fines n'entrent pas seulement dans la composition des échappements à cylindre ; on peut s'en servir dans toutes les montres, quel que soit leur mécanisme, pour diminuer l'usure produite par les frottements des pivots des diverses roues, en les faisant porter sur des pierres dures Malheureusement on emploie encore peu ce moyen, et dans beaucoup de montres que l'on vend comme montées sur pierres, les pierres ne sont que des objets de luxe et de parade, n'ayant réellement aucune utilité.

Les montres à répétition sont des montres sonnantes, munies d'un mécanisme particulier, et qui, au moyen d'un bouton sur lequel on appuie, sonnent l'heure dans laquelle on se trouve. Elles furent inventées en Angleterre, en 1676 ; les horlogers Barlow, Quare et Tompion s'en disputèrent la découverte. Louis XIV reçut de Charles II les premières montres à répétition que l'on ait vues en France. L'horloger Lépine est celui qui a le premier introduit dans notre pays les montres très-plates, en supprimant l'une des deux platines entre lesquelles sont ordinairement enfermées toutes les pièces de la machine, et qu'il a remplacée par des ponts destinés à recevoir les pivots. Il n'employait en même temps que des échappements occupant peu de hauteur. Depuis lors, les montres plates ont été nommées montres à la Lépine. Les montres dites perpétuelles, perfectionnées par Breguet, se remontent d'elles-mêmes à l'aide d'un ingénieux mécanisme, par le mouvement qu'on leur imprime en les portant sur soi.

On savait fabriquer les pendules et les montres en Allemagne dès le milieu du XIVe siècle. Les chroniques disent qu'il en fut présenté une à Charles V, roi de France, en 1380, qui n'était pas plus grosse qu'une amande. L'ancienne communauté des horlogers de Paris tenait du roi Louis XI ses premiers règlements, datés de 1483, et confirmés par François Ier, en 1544. L'Allemand Peters Hele fabriquait des montres à Nuremberg dès l'an 1500. On cite une montre sonnante présentée, en 1542, à un duc d'Urbin, par un orfévre italien, qui était assez petite pour être enchâssée dans une bague au lieu de pierre précieuse. On cite encore celle que l'archevêque de Cantorbéry, Parker, légua à son frère Richard, évêque d'Eli, le 5 avril 1575, et qui était montée à la poignée d'une canne en bois des Indes. L'art de l'horlogerie fut introduit à Genève, en 1587, par un Français, Charles Cusin, de la ville d'Autun. On estime la fabrication annuelle de cette ville à plus de 70,000 montres, dont les onze douzièmes sont en or. Ce fut, dit-on, Daniel-Jean Richard, habitant de la Lagne village du canton de Neufchâtel, qui introduisit la fabrication de l'horlogerie dans cette contrée, où elle a pris un grand développement, notamment au Locle et à La Chaux-de-Fonds. — *Voy.* à l'article Horlogerie, *Horlogerie dite de fabrique*.

Successivement on a imaginé les pendules à réveil, qui ont au cadran une troisième aiguille que l'on place sur l'heure à laquelle on veut être réveillé : à cet instant donné, un échappement permet au marteau de frapper sur la sonnerie un plus ou moins grand nombre de coups redoublés ; et puis les

montres qui marquent sur des cadrans particuliers les quantièmes du mois, les jours de la semaine, les phases de la lune, le lever et le coucher du soleil. Les pendules à équation indiquent les différences du temps vrai au temps moyen : le roi Charles II d'Espagne avait déjà une de ces pendules dans son cabinet. La pendule à compensation est celle dont le balancier, composé de deux lames de métaux différents, donne des oscillations isochrones dans tous les temps, malgré la chaleur, dont l'effet est détruit ou compensé par la différence de dilatation des deux métaux.

Depuis le commencement de ce siècle, on a inventé des machines pour fabriquer rapidement les différentes pièces des montres, en sorte que l'art de l'horlogerie ne consiste plus qu'à les rectifier et à les disposer convenablement. C'est surtout dans le Jura que ce genre d'industrie est cultivé. Il existe là une foule de petits fabricants qui, chacun, font une pièce à part de la montre La famille Japy a établi à Beaucourt, près de Montbéliard, une manufacture où se fabriquent toutes les pièces des montres. D'autres, et particulièrement des paysans suisses, achètent les pièces qui doivent composer le mécanisme, l'échappement et le ressort exceptés; ils les montent et ajustent grossièrement, de manière à former ce qu'on nomme un rouage roulant, et ils le revendent au commerce en gros, qui fait compléter le système et ajouter une boîte. Ces rouages sont terminés à Genève et ailleurs. Paris a une renommée méritée pour la supériorité de ses montres. L'Angleterre, si riche en ressources mécaniques, lutte avec nous pour l'horlogerie; mais ses montres sont lourdes et sans grâce. On estime à 30 millions de francs la valeur des montres et des pendules fabriquées annuellement en France, les bronzes non compris. L'horlogerie ne s'occupe pas seulement des mouvements d'horloge, elle fabrique aussi des mouvements de lampes dites Carcel, de musiques pour pendules, tabatières, boîtes ou nécessaires, billards, etc., les métronomes et autres petites machines dont le moteur et le mécanisme se rapprochent plus ou moins de ceux des horloges (1)

MONTRES MARINES. — Nous avons parlé des montres marines au mot CHRONOMÈTRE; nous nous contenterons de citer quelques-uns des artistes qui ont cherché à faire de cette montre un véritable instrument de précision.

M. Berthoud, an VI. — Cette découverte était le sujet d'un prix proposé par la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut. Dans la séance du 15 messidor, le prix a été décerné à M. Berthoud. L'une des deux montres de poche qu'il a produites détermine les longitudes en mer, en marquant la division décimale des parties du jour, savoir : les dixièmes, centièmes, millièmes et cent millièmes. La seconde montre remplit la deuxième partie du programme, en déterminant les longitudes en mer; en divisant le jour en dix heures, l'heure en cent minutes, et la minute en cent secondes. (*Mémoires de l'Institut*, an VI.)

An X. — M. Berthoud a obtenu une médaille d'or pour s'être rendu justement célèbre par la perfection de ses montres à longitudes ou garde-temps, dont la justesse, constatée par des expériences répétées et précises, lui a valu le prix de l'Institut national. Il a présenté pour la première fois au public la connaissance de leur mécanisme, qu'il s'était toujours réservée. (*Livre d'honneur*, page 36.)

Perfectionnement. — *M. Breguet*. — 1819. — La montre de M. Breguet marche huit jours : la chaîne, le ressort auxiliaire, le double encliquetage, en un mot tout le mécanisme de la fusée est remplacé par deux barillets dentés, et agissant en sens inverse. Ce moyen, qui prévient une foule de causes d'arrêts et d'inégalités, rend la force motrice tout à fait élastique. (*De l'Industrie française*, par M. de Jouy.) — *Voy*. CHRONOMÈTRE.

MORTIER. — La solidité des constructions en maçonnerie dépend, en grande partie, de la qualité des mortiers employés à leur construction. Les monuments romains et ceux du moyen âge, qui existent encore aujourd'hui, nous montrent l'efficacité des procédés usités dans ces époques reculées pour la fabrication des mortiers, qui réunissent d'une manière si durable les matériaux qui entrent dans la construction de ces édifices. Des études théoriques habilement dirigées ont éclairé, depuis quelques années, la pratique de la fabrication des mortiers, et tout nous porte à croire que cette industrie est aujourd'hui plus avancée qu'elle ne l'a jamais été.

Fabrication du mortier. — Nous avons fait connaître les différentes matières qui entrent dans la fabrication des mortiers. *Voy*. CHAUX. — POUZZOLANE. — CIMENT. — BÉTON. — Nous avons ensuite indiqué les proportions dans lesquelles il convient de les mélanger pour obtenir les résultats les plus avantageux; il ne nous reste plus qu'à décrire les procédés employés pour effectuer le mélange et la trituration de ces substances d'une manière à la fois complète et économique. Cette opération peut se faire à bras ou au moyen des machines.

Quand on ne doit fabriquer qu'une petite quantité de mortier, les frais d'établissement de machines ne seraient pas couverts, et alors on opère le mélange de la chaux avec le sable ou les pouzzolanes au moyen de *rabots* manœuvrés par des hommes. L'ouvrier pousse son rabot en avant en appuyant sur la partie plate de l'instrument et le ramène à lui en appuyant sur le tranchant. Ce double mouvement écrase et mélange la matière en la ramenant sans cesse vers l'ouvrier. Le prix de revient de la fabrication par ce procédé de 1 mètre cube de mortier, non compris l'apport et le dosage, peut s'établir de la manière suivante : un chef d'atelier payé, je suppose, 3 francs par

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde.*

jour, surveille facilement deux ateliers de cinq gâcheurs chacun et les hommes qui apportent et qui mesurent la matière. Le rabot coûte environ 5 francs et peut servir à confectionner dans l'année environ 250 mètres cubes de mortier; il exige environ 5 francs dans le même temps, pour réparations, entretien et amortissement de sa valeur; de sorte que, si le prix de la journée de manœuvre est de 1 fr. 50 centimes, comme nous l'avons déjà supposé, le sous-détail de la fabrication de 1 mètre cube de mortier sera :

1 journée de manœuvre à 1 fr. 50 c.	1 fr. 50 c.
1/10 de surveillant à 3 fr.	» 30
Frais d'outils.	» 02
Prix de la fabrication du m. cube.	1 82

Dans les grands travaux, on emploie presque toujours des moyens d'exécution plus puissants. On fabrique le mortier à l'aide de machines de formes très-variées. Nous allons décrire successivement ces appareils.

Dans quelques circonstances exceptionnelles, près des bagnes, par exemple, les ingénieurs disposent d'un très-grand nombre d'ouvriers. On peut les employer à fabriquer le mortier au moyen d'un appareil qui semble avoir donné de bons résultats à quelques officiers du génie militaire.

C'est un tonneau mobile autour d'un axe horizontal. Des planches fixées à la circonférence de ce tonneau et dirigées suivant des plans passant par l'axe forment des espèces de marches sur lesquelles les hommes montent continuellement en faisant tourner le tonneau par leur propre poids. Les substances sont introduites par une des extrémités du tonneau au moyen d'une trémie, et le mortier sort à l'autre extrémité. Le tonneau est garni intérieurement d'une série de chevilles sur lesquelles le mortier tombe continuellement et se trouve ainsi mélangé. Six hommes et un surveillant peuvent faire marcher la machine et produisent environ 15 mètres cubes de mortier par jour. La machine coûte environ 800 fr. Elle peut exiger 200 fr. de réparations annuelles et durer 10 ans, les débris seraient revendus 200 fr., l'intérêt de son capital est de 40 fr.; les frais d'outils annuels seraient donc de 300 fr. pour 200 jours de travail par an, c'est-à-dire pour fabriquer 3,000 mètres cubes de mortier, soit 0 fr. 30 c. par mètre cube. Le sous-détail de la fabrication, non compris le transport des matières, serait donc :

6/15 journée de manœuvre à 1 fr. 50.	0 fr. 60 c.
1/15 journée de surveillant à 3 fr.	» 20
Frais d'outils.	» 30
Fabrication de 1 m. cube de mortier.	1 10

Ce prix de revient est moins élevé que le précédent, et il deviendrait encore plus faible si on suppose que les manœuvres sont des prisonniers dont la journée est presque sans valeur. La construction de cette machine n'est cependant pas aussi rationnelle qu'on pourrait le désirer, et nous croyons que, si on était obligé d'employer des hommes à ce genre de travail, il vaudrait encore mieux les appliquer à l'une des machines suivantes.

Nous avons vu employer, pour fabriquer du mortier, une machine analogue à celle des fabricants de chocolat. Deux cônes tronqués, en bois, remplis de pierres, écrasaient le mortier placé sur la plate-forme circulaire sur laquelle ils roulaient ; des couteaux et des râteaux le remuaient ensuite pour ramener successivement toutes les parties de la masse sous l'action des cônes roulants. Cette machine donnait de mauvais résultats et exigeait beaucoup de force sans faire d'excellent mortier. Nous en avons seulement parlé pour mettre en garde contre elle les constructeurs qui pourraient être séduits par cette disposition, qui paraît ingénieuse.

Tout le monde connaît la disposition des manéges à roues employés pour faire le mortier dans presque tous les grands chantiers. Des roues, ordinairement au nombre de deux, parcourent une auge circulaire, peu profonde, et écrasent et mélangent les matières. Des râteaux en fer, solidaires avec les roues, remuent sans cesse le mortier et amènent successivement toutes ses parties sous l'action des roues. Quand le mélange est parfait, on ouvre la trappe placée au fond de l'auge, et le mortier, poussé par un râble en fer convenablement disposé, tombe en tas au-dessous du manége, et peut être facilement recueilli et transporté. Ces manéges sont généralement mis en mouvement par un ou deux chevaux. Ces appareils, d'une grande simplicité, donnent, en général, d'excellents produits; je crois même qu'ils sont supérieurs à tous les autres moyens employés pour les mortiers très-compactes, ceux, par exemple, qui ne renferment que de la chaux et de la pouzzolane.

Un manége à mortier conduit par deux chevaux peut produire 20 mètres cubes de mortier par jour, soit 4,000 mètres cubes par année de 200 jours de travail. Un surveillant peut diriger le dosage et la marche de deux appareils; chaque manége exige en outre les soins d'un manœuvre. Cette machine coûte en moyenne 500 francs, savoir :

Maçonnerie.	250 fr.	500 fr.
Charronnage et fers.	250	

Son entretien annuel est de 50 francs à peu près, l'intérêt de son capital est de 25 francs, et, en supposant qu'elle dure dix ans, on peut évaluer à 40 francs sa dépréciation annuelle, de sorte que les frais d'outils pour la fabrication de 4,000 mètres cubes s'élèvent à 115 francs. Le sous détail de fabrication est donc le suivant :

2/20 de journée de cheval à 5 fr.	0 fr.	500
1/20 — de manœuvre à 1 fr. 50 c.	0	075
1/10 — surveillant à 3 fr.	0	075
Frais d'outils. 115/4000.	0	029
Prix de fabrication du mètre cube.	0	679

Occupons-nous enfin des tonneaux à mor-

tier. Ces machines sont aujourd'hui très-employées. Elles présentent en effet beaucoup d'avantages. Elles occupent peu de place, leur surveillance est facile, leurs produits sont de bonne qualité et très-abondants; le prix de fabrication d'un mètre cube de mortier est très-faible. Nous pensons que c'est le meilleur appareil à employer pour les mortiers de sable et de chaux; elles laissent dans ce cas très-peu à désirer. — La forme et les dimensions des tonneaux à mortier varient beaucoup. Les uns sont cylindriques, les autres sont des troncs de cônes dont la grande base est tantôt en-dessus, tantôt en-dessous; certains tonneaux peuvent être manœuvrés par un ou deux hommes; une machine à vapeur de 12 chevaux suffit à peine, pour faire mouvoir l'un de ces appareils employés aux travaux hydrauliques de Cherbourg. Chaque constructeur, pour ainsi dire, adopte une forme particulière et il doit en être ainsi, car les proportions doivent changer avec les circonstances dans lesquelles on opère. Avouons cependant que jusqu'à présent aucune règle fixe n'a guidé les ingénieurs. Des expériences directes sur ce sujet seraient d'une haute importance; malheureusement il n'en existe pas. Nous essaierons, à la fin de cet article, de donner quelques principes à cet égard : ayant étudié la marche d'un grand nombre de ces appareils, nous espérons présenter quelques observations utiles.

Nous parlerons d'abord du tonneau breveté de M. l'architecte Roger, non pas, à beaucoup près, que ce soit le meilleur à notre avis, mais parce que nous pourrons faire comprendre tous les autres en nous aidant de la description complète de celui-ci.

Le tonneau à mortier de M. Roger se compose d'une forte enveloppe en douves de chêne, cerclées en fer. Un arbre vertical également en fer porte à sa partie supérieure une pièce horizontale à laquelle les chevaux sont attelés, et sur sa largeur une série de râteaux également en fer. Le fond du tonneau est percé d'ouvertures à travers lesquelles s'écoule le mortier, qui peut aussi sortir par une porte pratiquée au bas du tonneau. L'arbre porte, à sa partie inférieure, une pièce de fonte qui broie les matières sur le fond du tonneau. Une vis sur laquelle tourne l'arbre en fer permet de l'élever ou de l'abaisser plus ou moins; le disque en fonte se trouve ainsi plus ou moins éloigné du fond, et exerce par ce moyen une action dont l'énergie peut varier à volonté. La partie supérieure du tonneau porte un évasement pour faciliter l'introduction des matières. Les ouvertures pratiquées dans la pièce qui forme le fond du tonneau de M. Roger sont sujettes à s'engorger. Un fabricant de briques du Bas-Meudon (près Paris) forme le fond de ses tonneaux broyeurs avec une grille composée de barreaux ordinaires de fourneaux de chaudières à vapeur. C'est une très-heureuse idée. On peut à volonté faire varier l'écartement des barreaux, dégager les vides engorgés, etc. Les tonneaux, ainsi disposés, peuvent se prêter, en modifiant convenablement l'écartement des barreaux, à une foule d'applications, depuis le corroyage des terres à poteries fines jusqu'à la préparation des bétons les plus grossiers. M. Mougel, ingénieur français, chargé par le vice-roi d'Égypte de la colossale entreprise du barrage du Nil, a fait construire à Paris huit machines à vapeur destinées à faire marcher seize broyeurs à argile et les machines à briques correspondantes, et de plus tous les broyeurs de cette espèce qui prépareront le mortier nécessaire à ce prodigieux travail, plus digne assurément de notre admiration que les célèbres pyramides (1).

L'inventeur de la disposition que nous venons de décrire possède, comme M. Roger, un brevet d'invention; on ne peut donc, d'ici à quelques années, l'employer sans payer à ces messieurs des droits qu'ils fixent fort haut. C'est assurément une chose fâcheuse pour les entrepreneurs de travaux, mais nous verrons bientôt que l'on peut arriver par d'autres méthodes à des résultats presque aussi satisfaisants.

Dans les tonneaux que l'on construit ordinairement, le fond est plein et le mortier ne peut sortir que par une porte placée au bas du tonneau. Cette disposition présente un grave inconvénient : le sable et la chaux s'accumulent dans la partie du tonneau opposée à la porte, et, ne trouvant pas d'issue, ils sont fortement comprimés et deviennent quelquefois si compactes, que le mouvement de l'arbre et des râteaux qu'il supporte est tout à fait impossible. On doit mettre au moins deux ouvertures garnies de portes à coulisses à la partie inférieure des tonneaux; ainsi modifiés ils marchent très-bien, et la facilité que l'on a d'augmenter ou de diminuer les orifices permet de rendre l'écoulement du mortier plus ou moins rapide, et par suite son mélange plus ou moins parfait.

L'arbre des tonneaux à mortier ordinaires porte des râteaux comme ceux du tonneau de M. Roger. Quelquefois on ajoute d'autres râteaux semblables, fixés aux parois intérieures du tonneau; le mortier se trouve ainsi entraîné par les râteaux mobiles et retenu par les râteaux fixes, qui le déchirent en tous sens.

Examinons maintenant la forme générale des tonneaux à mortier : quelques constructeurs donnent à leurs appareils la forme d'un tronc de cône dont la grande base est en bas. Cette disposition est rarement bonne. On sait, en effet, que le sable et la chaux occupent un volume d'autant plus faible que leur mélange est plus parfait; si en même temps la capacité qui les renferme va en augmentant, on comprend qu'il se formera des vides dans la masse, et les matières à

(1) D'après une opinion récemment émise, mais qui paraît difficile à justifier, les pyramydes ne seraient pas moins admirables que le barrage du Nil: elles auraient comme lui un caractère de haute utilité, car elles seraient destinées à s'opposer à la marche progressive des sables du désert.

mélanger, formant voûte à la partie supérieure du tonneau, cesseront de descendre; c'est ce que j'ai souvent observé. Quelquefois, au contraire, la petite base du tronc de cône qui ferme le tonneau est à la partie inférieure. Dans ce cas, les matières descendent bien; mais un autre inconvénient se présente : l'effort nécessaire à la trituration augmente avec la compression du mortier, de sorte que les râteaux, placés au bas de l'arbre, peuvent avoir à exercer en pure perte un effort considérable. Le but que doit se proposer le constructeur est d'éviter à la fois les deux inconvénients que nous venons de signaler. La forme cylindrique satisfait dans les cas ordinaires à ces conditions; mais jusqu'à présent on n'a pas cherché à déterminer par des considérations rigoureuses les formes à donner aux tonneaux à mortier. Voici, je crois, comment on pourrait parvenir à trouver une forme telle que les efforts exercés par tous les râteaux soient égaux : La base inférieure devrait être à la base supérieure dans le rapport du volume du mortier à la somme des volumes des matières mélangées, multiplié par le rapport de la résistance opposée à la trituration par les matières simplement mêlées, à la résistance opposée à la même opération par le mélange intime constituant le mortier. Le premier rapport est très-facile à évaluer. Le second présenterait un peu plus de difficultés à déterminer, mais pourrait cependant être obtenu avec une assez grande approximation par les méthodes habituellement employées pour déterminer la résistance des matières molles.

D'après la marche que nous venons d'indiquer, on conçoit que l'on sera conduit, suivant la nature des matériaux, à l'adoption de tonneaux quelquefois évasés et quelquefois rétrécis à la partie supérieure; mais, nous le répétons, la forme cylindrique est, en général, la plus avantageuse, et, nous conseillons de l'adopter toutes les fois que des considérations positives ne porteront pas à lui en faire préférer une autre.

Il nous reste à examiner un élément important de la forme des tonneaux : c'est le rapport de leur diamètre à leur hauteur. Dans ce cas encore, les constructeurs ne paraissent conduits par aucune règle générale. On rencontre sur les chantiers des tonneaux broyeurs dont la hauteur varie depuis une fois jusqu'à deux fois le diamètre. Toutes choses égales d'ailleurs, le rapport de la hauteur à la base doit être d'autant plus petit que les appareils sont plus puissants. Pour des appareils de même puissance, la hauteur doit être d'autant plus grande que les substances employées sont plus difficiles à mélanger. Nous pensons du reste, en général, qu'il vaut mieux pécher par excès que par défaut de hauteur. En ouvrant davantage les portes de décharge du mortier, on peut toujours remédier au premier défaut; les inconvénients résultant du second ne peuvent être prévenus qu'en diminuant l'ouverture des portes et par suite en augmentant le travail moteur. Dans les machines à mortier qui donnent les meilleurs résultats, la hauteur est égale à peu près à trois fois le rayon du cylindre.

Voyons maintenant quels sont les résultats économiques de cette machine. Un tonneau un peu plus grand que celui dont nous avons parlé en premier lieu, conduit par un cheval, fournit facilement 25 m. c. de mortier par jour, soit 5,000 m. c. par année de 200 jours de travail. Nous ne parlerons pas du prix des tonneaux brevetés, qui est énorme; nous établirons nos calculs d'après un exemple que nous avons eu l'occasion d'étudier. Le tonneau coûtait 500 francs; l'intérêt annuel de cette somme est 25 fr. En admettant que le tonneau dure dix ans, sa dépréciation annuelle sera de 30 fr., ses débris conservant une valeur de 200 fr. Son entretien n'excède pas 125 fr. par an; les frais annuels d'outils seront, par conséquent, de 180 fr. Cela posé, le sous-détail de la fabrication d'un mètre cube de mortier, non compris l'approche des matières, s'établit de la manière suivante :

1/25 journée de cheval à 5 fr.	0 fr.	200
1/50 — surveillant à 3 fr.	0	060
1/25 — manœuvre à 1 fr. 50.	0	060
Frais d'outils 180/5000.	0	036
Prix de fabrication de 1 m. cube.	0	356

Nous devons même faire remarquer que l'on pourrait obtenir jusqu'à 30 m. c. par jour, avec un tonneau de M. Roger, ou tout autre dont le fond serait percé; ce qui diminuerait encore d'un cinquième le prix ci-dessus. Les prix de revient que nous venons d'indiquer varieraient évidemment dans chaque localité avec le prix de la main-d'œuvre et celui des matériaux; mais obtenus tous dans les mêmes hypothèses, ils peuvent servir de termes de comparaison. Il résulte du rapprochement de tous les chiffres que nous venons de citer, que la fabrication à bras d'hommes d'un mètre cube de mortier coûtant 1 fr. 82 c., elle ne coûterait que 0 fr. 679 avec un manége à roues, et seulement 0 fr. 356 avec un tonneau à mortier ordinaire, et moins encore avec un tonneau à fond percé.

Les renseignements que nous venons de donner permettent de déterminer facilement le nombre de mètres cubes de mortier au delà duquel il y a économie à faire les frais d'établissement d'une machine pour la fabrication.

Répétons encore, en terminant ce paragraphe, que l'on ne saurait apporter trop de soin à empêcher les ouvriers de mettre trop d'eau dans le mortier, ce qu'ils sont toujours portés à faire, surtout quand on fabrique le mortier avec des rabots (1).

MOSAIQUE. — Le mot mosaïque (*mosaicum, musaicum*) paraît être venu, par corruption, de *musivum*, nom sous lequel les Ro-

(1) Cet article est extrait d'un remarquable travail que M. Gervé-Mangon a inséré dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

mains désignaient ce genre d'ouvrage. Scaliger le fait dériver de μουσα, et croit qu'on le donna aux mosaïques à cause de leur agréable aspect.

« La mosaïque, selon l'acception la plus générale de ce mot, est un ouvrage dans lequel, à l'aide de matières solides et colorées, soit naturelles, soit artificielles, on parvient à rendre par les formes et les couleurs l'image de tous les objets de la nature. » (Seroux d'Agincourt.) — Pour particulariser davantage, c'est un assemblage de fragments plus ou moins réguliers de marbre, de pierres, de matières vitrifiées, qui, réunies à l'aide de mortier, de stuc, ou de mastic composé de chaux et de poudre de marbre, ou de résine et de plâtre, forment des compartiments, des ornements et des figures.

La mosaïque paraît n'avoir été employée chez les Grecs que pour décorer les pavés des monuments, et n'avoir jamais atteint la perfection à laquelle elle parvint chez les Romains. Les pavés des plus grands temples de la Grèce et de la Sicile sont formés de pierres de quatre lignes environ, d'une seule couleur et d'un travail fort irrégulier. L'empereur Claude fit servir la mosaïque à l'ornement des voûtes, et elle prit un très-grand développement, comme on peut le voir par les ruines d'Herculanum et de Pompéi, où elle forme un des principaux ornements des édifices publics et des maisons particulières. Commode fit exécuter en mosaïque le portrait de Pescennius Niger.

On peut diviser en trois classes les mosaïques des anciens:

Opus tessellatum, mosaïque servant de pavés et composée de petits cubes ordinairement de deux couleurs;

Opus sectile, mosaïque de marbres d'une ou deux couleurs, sciés en lames minces et taillés suivant les exigences du dessin;

Opus vermiculatum, mosaïque de toutes couleurs et formant de grandes compositions.

Les chrétiens se servirent de la mosaïque pour la décoration de leurs basiliques. Dans les premiers siècles, les pavés des églises étaient ordinairement établis de la même manière que ceux des temples païens, et composés de tablettes de marbres alignées avec les colonnes. Les premiers chrétiens imitèrent aussi la mosaïque composée de petits cubes de marbres de diverses couleurs, que les Romains employaient pour leurs édifices publics et pour leurs maisons. « Les tableaux qui ornent la voûte, dit Procope en parlant d'un monument élevé par Justinien, ne sont pas peints avec de la cire fondue et fixée dans le mur; ils sont composés de petits cubes où brillent toutes les couleurs. »

Enfin un genre de mosaïque appelé *opus Alexandrinum*, importé d'Egypte ou inventé sous le règne d'Alexandre Sévère, fut employé dans les églises jusqu'au XII° siècle. Il était composé de cercles, de triangles, de losanges, d'ovales en marbre liés par un ciment de chaux et de pouzzolane. Quelques églises du Rhin et la chapelle primitive de Saint-Bertin à Saint-Omer ont conservé des traces de ces modes de mosaïque. L'*opus articulatum* se propagea également jusqu'au XII° siècle, et on y mêla des cubes en émail; on en voit des fragments dans des églises voisines du Rhin et à Saint-Denis.

L'église de la Daurade de Toulouse (*Sancta Maria Deaurata*), construite et décorée par Placidie, ou par Théodoric II, roi des Visigoths, devait, dit-on, son nom à une mosaïque qui ornait le sanctuaire depuis le sol jusqu'à la voûte. Cette mosaïque précieuse a été détruite vers le milieu du siècle dernier. On exécutait aussi des peintures en mosaïque dans le triangle extérieur formé par le fronton des basiliques latines, autour des baies des fenêtres qui s'ouvraient audessous du fronton, dans les atria, les chapelles isolées, etc.

Au VII° siècle, la mosaïque, comme la peinture à fresque, perdit l'unité qu'elle avait jusque-là conservée et qui donnait une véritable valeur artistique aux compositions plus anciennes, et bientôt on confondit, on mêla, sans ordre et sans méthode, dans un même tableau, les objets les plus étrangers les uns aux autres.

Charlemagne, qui avait admiré dans les églises de Rome le bel effet que produisaient les ouvrages de mosaïque, en fit exécuter plusieurs dans la basilique d'Aix-la-Chapelle. Il fit venir d'Italie en France des mosaïques qui furent apportées sur des chariots envoyés exprès, et il en orna quelques églises. L'un de ces produits exotiques fut placé dans l'église de l'abbaye de Saint-Riquier; mais il fut déplacé au XVI° siècle, et il n'en reste plus de trace. Les riches prélats faisaient alors assez souvent décorer leurs églises de mosaïques, qui étaient formées de cristaux colorés ou dorés et revêtues d'une lame de verre.

Sous le pontificat de Pascal II (1099-1114), le chœur de l'église d'Enay fut reconstruit et pavé d'une mosaïque. Aux XII° et XIII° siècles, les porphyres et les marbres devenant rares, on les remplaça par des dalles de pierre de liais, dans lesquelles on grava profondément des arabesques ou des figures, et dont on remplit les entailles de mastics colorés. On voit encore des restes de cette sorte de pavage dans la cathédrale de Saint-Omer et dans les magasins de l'abbaye de Saint-Denis.

La véritable mosaïque fut peu à peu abandonnée en France, et l'Italie en conserva presque seule la tradition. On fabriqua des pavés en terre cuite vernissée ornée de dessins de diverses couleurs, et on les plaça dans les églises ou dans les hôtels des moines et des seigneurs. On fit aussi pour les meubles ce *lavoro a compospo* qui est encore un des objets de l'industrie florentine, et qui consiste en un assemblage de pierres dures, telles que jaspes, albâtres, lapis lazuli, agates, découpées en raison de

leurs nuances et des nécessités du dessin. Cette espèce de marqueterie, qui avait été très-usitée à Constantinople, et que les Orientaux faisaient servir à la décoration de leurs édifices publics et leurs églises, donna naissance à un art tout à fait analogue dans son principe et dans ses effets, et différent seulement par la nature des matières employées, la marqueterie en bois.

Dans ces derniers temps, quelques mosaïques d'assez grande dimension ont été exécutées en France. M. Belloni, sous l'Empire, en a orné le pavé d'une des salles du palais du Louvre. Cet essai heureux, mais isolé, laisse regretter la perte des nombreuses mosaïques antiques dont les villes romaines de la Gaule étaient ornées, et dont quelques-unes seulement ont échappé à la destruction. Aujourd'hui, les administrations des musées provinciaux recueillent avec soin ces précieux monuments. La belle mosaïque mise à jour près des murailles d'Autun a été négligée par le gouvernement; mais elle est restée la propriété d'un savant qui du moins a pris à cœur de la conserver (1).

MOTEUR ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE. — Les essais de création de machines motrices animées par les courants électriques venus de la pile de Volta perfectionnée continuent en Allemagne, comme chez nous, comme aux Etats-Unis ; mais, si l'on obtient comme chez M. Froment, notre célèbre artiste, un travail utile de ces machines, ce travail est encore beaucoup plus cher que celui que donnent les machines à vapeur. — *Voy.* Piles électriques.

M. Froment et la plupart des physiciens qui se sont occupés de ces essais ont disposé leurs aimants sur une roue; ils ont donc immédiatement obtenu un mouvement rotatoire, si commode dans la plupart des opérations mécaniques.

Quelques physiciens, et de ce nombre est M. Fessel, professeur à l'école industrielle de Flessing ont cru qu'il était préférable de faire produire par l'électricité un mouvement rectiligne alternatif, comme le mouvement de va-et-vient des tiges de pompes ordinaires. M. Fessel emploie comme principal, comme premier organe mécanique, un barreau de *fer doux*, qu'il fait osciller horizontalement et qui est terminé par deux bouts de laiton roulant sur deux poulies fixes, pour diminuer les frottements. Ce barreau de fer entre et sort successivement, à chacune de ses oscillations horizontales, dans deux hélices métalliques (*ou ressorts à boudin*) placées l'une à la suite de l'autre, et dont le courant électrique venu d'une pile suit les fils, qui agissent alors, on le sait, comme des aimants. (*Voy. ce mot*). Sous l'influence de ces aimants électriques, le fer doux devient aimant lui-même, et toujours dans le même sens, mais aimant temporaire, attendu que, grâce à certaines dispositions, on ne laisse jamais le courant électrique venu de la pile passer à la fois dans les deux hélices métalliques. Le barreau de fer doux est donc successivement attiré dans chacune des deux hélices, puis repoussé, etc., etc.

D'autres physiciens, et entre autres M. Dumoncel, de Paris, et M. A. Dumon, se sont occupés de projets de machines électro-magnétiques analogues à celle de M. Fessel. Les deux Français que nous venons de nommer ont pris date devant l'académie et dans les journeaux. Les expériences de M. Fessel sont décrites dans un journal allemand publié en mai 1852 (*Annales de Poggendorf*), et par conséquent il a dû oppérer avant cette époque.

M. Paye, physicien américain, a entrepris dans ces derniers temps de produire une force motrice par l'application, sur une grande échelle, de la force qui attire une masse de fer placée à l'intérieur d'une spirale électro-magnétique. M. Hankel, de Leipzig, a fait des tentatives semblables et a établi une loi importante dans la pratique, savoir que cette force est proportionnelle au carré de la force du courant. De son côté M. Fessel a construit, à ma requête (c'est M. Plüekner qui parle), un modèle de machine dont je ne suis pas en mesure d'apprécier la valeur économique quand on l'établira sur un grand modèle, mais qui, comme appareil physique, démontre et présente sous le jour le plus favorable la possibilité de l'application de la force en question.

Le modèle de M. Fessel se compose de deux spirales placées bout à bout dans une position horizontale. Ces spirales servent à conduire le courant toujours dans la même direction, mais de manière qu'il parcourt alternativement chacune d'elles et par conséquent une seule d'entre elles à la fois.

Dans l'intérieur de ces spirales est placé un barreau de fer qui est attiré alternativement de l'une de ces spirales dans l'autre, en conservant constamment la même polarité, et qui exécute ainsi un mouvement de va-et-vient. Aux deux extrémités du barreau sont fixées deux petites tiges en laiton qui reposent sur deux poulies établies aux deux extrémités de l'appareil, et qui ainsi portent tout le poids du fer. Une de ces tiges de laiton met une roue en mouvement. Un commutateur est mu par un excentrique et une tringle à l'aide d'une manivelle et d'une bielle, et cet excentrique est disposé comme dans les bâtiments à vapeur, c'es-à-dire que la machine peut marcher en avant ou en arrière. Dans une modification de l'appareil, ce commutateur a été établi immédiatement sur l'axe.

En se servant de deux petits éléments de Grove (*Voy.* Piles), le modèle se meut déjà avec une grande vitesse. Avec six éléments la rapidité est devenue telle, qu'elle a menacé de briser l'appareil; et c'est dans cette crainte et avant de développer tout l'effet de la machine que j'ai interrompu le courant.

J'ai reçu de M. Fessel l'avis qu'il venait de terminer la construction d'un nouvel appareil où il a remplacé les poulies par des

(1) Cet article est emprunté à l'excellent ouvrage intitulé : *Patria*.

bobines oscillantes établies sur le modèle des cylindres à mouvement alternatif des machines à vapeur.

M. Dumoncel a annoncé à l'Académie qu'il a fait construire des moteurs de petite taille, et d'autres d'une puissance utilisable dans les ateliers. Nous donnons, d'après le journal *l'Industrie*, une description succincte de cette machine.

Elle se compose d'un double cylindre ou plutôt de deux cylindres creux réunis bout à bout dans une position horizontale; un fil métallique recouvert de soie entoure chaque cylindre; ce fil traversé par le courant électrique, venu d'une pile voltaïque, de telle façon qu'un cylindre en fer doux qui oscille comme une sorte de piston dans le cylindre creux, qui en sort et qui y rentre alternativement, se trouve attiré, tantôt par le fil en hélice enroulé sur la partie des cylindres creux, située à l'un des côtés de la machine, à gauche par exemple; tantôt par le fil enroulé sur l'autre partie, située à droite. Le double cylindre creux oscille horizontalement au tour d'un axe vertical placé vers le milieu de son ensemble, la tige du cylindre intérieur en fer doux, ou piston, agit sur une manivelle dont l'arbre porte une roue-volant. La manivelle est disposée de telle façon, qu'au moyen de parties en métal et d'autres parties inconductrices en bois, le courant est transmis d'une manière intermittente. Un galet placé entre les deux cylindres creux, porteurs des hélices, supporte le fer doux (piston), oscillant à l'intérieur, et, avec la jonction de l'axe du piston et de la manivelle, empêche ce fer oscillant de frotter contre les parois du cylindre creux. On voit que ce moteur diffère en certains points de celui de Fessel dont nous avons parlé.

Citons maintenant quelques phrases lues dans le sein de l'Académie par M. Dumoncel.

« Dans la séance du 26 janvier, dit-il, j'ai présenté à l'Académie un mémoire sur un électro-moteur fondé sur le principe de l'attraction des hélices. Ce mémoire m'a fourni en même temps l'occasion de parler des expériences que j'avais faites sur les variations de ce genre de force attractive, suivant qu'on enfonce plus ou moins le fer dans l'hélice et suivant qu'on augmente la masse de ce fer. Je viens aujourd'hui présenter cet appareil, en faisant observer que les avantages de ce genre de moteur sur les autres sont : 1° de pouvoir agir directement sur le mécanisme destiné à la transformation du mouvement, puisque la course du piston dans l'hélice est très-considérable ; 2° d'éviter les inconvénients résultant de la force coërcitive du fer, qui n'est jamais assez pur pour abandonner ses propriétés magnétiques aussitôt après l'interruption du courant. Cet inconvénient est immense, car c'est lui qui empêche la précision des instruments fondés sur le principe de l'attraction directe des électro-aimants sur le fer doux. En revanche, le système d'attraction fourni par les hélices agit beaucoup moins énergiquement, mais on peut augmenter considérablement la force par l'addition de deux rondelles de fer aux extrémités des hélices; et, comme d'ailleurs la force n'est pas affaiblie par des systèmes amplifiants de leviers, on obtient, en définitive, à peu près la même force. Les expériences que j'ai faites pour calculer les dimensions des différentes pièces agissantes de mon appareil m'ont conduit à constater, 1° que la force attractive augmente à mesure qu'on enfonce le fer dans l'hélice ; 2° que cette force attractive augmente avec la masse jusqu'à une certaine limite qui dépend de la profondeur à laquelle on enfonce le fer dans l'hélice; 3° qu'on a avantage à faire entrer le fer aux deux tiers de l'hélice. Toutefois, il ne faudrait pas penser à appliquer ce genre d'attraction pour de grandes forces. »

Le journal *l'Industrie* ajoute : « Nous attendrons l'achèvement du grand moteur annoncé par M. Dumoncel pour entamer avec lui la question d'économie. »

Nous venons de parler des deux machines inventées par MM. Fessel et Dumoncel, pour substituer avec avantage aux machines à feu les moteurs électriques. Nous allons exposer maintenant deux dispositions nouvelles dues à M. Dumoncel, fondées sur la même idée que celle que nous avons déjà fait connaître.

Système de transport électrique d'objets matériels. — Cet appareil repose sur le même principe que celui dont nous avons déjà parlé. Il se compose essentiellement d'une verge en fer placée à sa partie supérieure, et coupée de distance en distance par des parties de cuivre dont la longueur est la moitié de l'intervalle de fer qui les sépare. Un conducteur placé au-dessous de la verge supérieure, et trois bobines enveloppant cette même verge, isolées les unes des autres, quoique liées entre elles, complètent l'appareil.

Chaque bobine est disposée de manière que l'une des extrémités du fil qui la couvre touche son canon intérieur, et que l'autre bout se termine par un ressort à boudin qui vient s'appuyer sur le conducteur, soutenu à cet effet par un galet monté sur un anneau d'ivoire, lequel est adapté aux extrémités de chacune de ces bobines. Le conducteur est recouvert de distance en distance de petites plaques non conductrices, disposées de façon à correspondre à toutes les parties de la verge en fer supérieure. Le courant entre par cette verge et peut revenir par le conducteur. De cette manière il circule dans les hélices toutes les fois que les ressorts correspondants se trouvent appuyés sur les parties conductrices du conducteur, et, dès lors, le fer peut agir sur les hélices en les faisant avancer.

Maintenant représentons-nous la machine dont nous nous occupons vue de profil, comme un long parallélogramme : la tige en fer, coupée de distance en distance par des parties de cuivre, forme la ligne supérieure; le conducteur est placé au-dessous, et communique avec elle de la manière que nous

avons indiquée. Supposons les trois bobines placées à l'extrémité à gauche de la tige de fer supérieure, et que dans cette position ce soit la bobine de gauche qui possède le courant, la partie ferrée sur laquelle elle est engagée la sollicite à avancer jusqu'à ce qu'elle ait épuisé son action. Mais alors c'est la seconde bobine, ou celle placée à sa droite qui est devenue en possession du courant, et qui repousse de la même manière le système jusqu'à ce que ce soit au tour de la troisième et dernière bobine placée elle-même à la droite de la deuxième. Après l'action de cette troisième bobine, c'est celle du milieu, ou la deuxième, qui recommence l'impulsion ; et ainsi de suite jusqu'au bout de la verge. Alors, en intervertissant la position des fils des trois bobines sur les trois anneaux qui reposent sur le conducteur, ou en avançant ce même conducteur de la quantité nécessaire pour que les parties non conductrices se trouvent, eu égard à ces anneaux, dans la position qu'elles avaient primitivement, mais en sens inverse, le système des trois bobines se remet à marcher en sens contraire. Bien plus même, l'appareil peut être organisé pour opérer lui-même ce renversement de la marche du système mobile et fournir ainsi un long mouvement de va-et-vient qui peut être utilisé à bien des usages; il suffit pour cela d'appliquer aux deux extrémités du conducteur deux armatures de fer doux articulées chacune sur un électro-aimant, dont l'aimantation ne s'effectue que quand les bobines sont arrivées à la fin de leur course.

On conçoit que des supports pour la verge en fer supérieure et pour le conducteur pourraient être disposés de manière à ne pas être un obstacle à la course des bobines; car, en plaçant vis-à-vis de ces supports, dont nous supposons le point d'attache en fer, des électro-aimants, les bobines pourront y établir le courant au moment de leur passage et leur faire enlever momentanément ces obstacles. Le même système pourrait être appliqué pour obtenir un moteur à action directe.

Moteur à double effet. — Dans cet appareil très-puissant, la décomposition du mouvement s'opère à l'aide d'un balancier et d'une roue à rochet.

Quatre systèmes, disposés deux à deux, de trois électro-aimants, sont placés en haut et en bas d'un fort bâti en bois, de telle façon que leurs pôles sont tous en regard les uns des autres : seulement ils sont taillés de manière que le balancier de fer doux, suspendu entre les deux systèmes de la partie supérieure du bâti et les deux systèmes de la partie inférieure, puisse, à la fin de chaque oscillation, toucher les six électro-aimants qui composent les deux systèmes opposés correspondant à ce mouvement; il en résulte qu'en reliant deux à deux et diagonalement ces quatre systèmes et les soumettant au commutateur, on obtient une force puissante qui agit à la fois sur les deux bras du balancier et dans le même sens pour chaque oscillation. En rendant ensuite les écarts le moins grand possible, et agissant sur la roue à rochet par l'intermédiaire de leviers armés de forts cliquets, on augmente encore la force dans une proportion considérable.

Ce moteur de M. Dumoncel est actuellement en construction (1).

MOTEUR-POMPE. — Cette machine, de l'invention de M. Girard, se compose d'une machine motrice et d'une pompe réunies en un seul appareil (*V.* POMPES). La machine motrice consiste en une cuve cylindrique placée sous une chute d'eau et dans laquelle se meut un piston percé d'une ouverture avec soupape de forme appropriée ; la soupape est suspendue par un collier à un manchon enveloppant un cylindre qui occupe la partie centrale du piston ; ce piston est poussé de bas en haut par un ressort ou hélice placé au-dessous de lui autour du cylindre et assez fort pour tenir la soupape levée quand les pressions exercées sur les deux faces du piston sont égales. Le fond de la cuve est baigné dans l'eau du canal de suite ; il est percé d'une ouverture avec soupape annulaire semblable à celle du piston, suspendue par un collier à un manchon qui entoure un cylindre fixe s'élevant dans l'axe de la cuve. Cette seconde soupape est aussi tenue levée par l'action d'un ressort en hélice tant que celui-ci n'est point comprimé par une force supérieure. Le cylindre montant dans l'axe de la cuve s'engage dans la partie centrale du piston, qui l'enveloppe à la manière d'un fourneau mobile. Le piston est surmonté d'une tige droite qui passe dans un guide fixé aux parois de la cuve au-dessus de l'eau du bief supérieur; il est en outre rattaché par une bielle à la manivelle d'un volant chargé, à l'opposite de la manivelle, d'un contre-poids suffisant pour équilibrer le piston et le ramener, lorsqu'il est immergé dans l'eau, à la limite supérieure de sa course. La cuve monte jusqu'au-dessus du niveau du bief supérieur dont elle reçoit l'eau motrice par un canal qui se raccorde avec ses parois échancrées sur une demi-circonférence.

L'eau motrice, affluant dans la cuve, pousse le piston, dont la soupape est tenue fermée par cette pression même. D'ailleurs, dans le jeu régulier de la machine, l'eau soutenue par la pression atmosphérique extérieure dans la partie de la cuve inférieure au piston, s'écoule, à mesure qu'il descend, par l'ouverture du fond, dont la soupape est soulevée par le ressort à boudin. Ainsi le piston pendant sa descente supporte la pression constante d'une colonne d'eau dont la hauteur est celle de la chute entière et est en même temps sollicité par son propre poids diminué de celui du volume d'eau dont il tient la place. Quand il approche du bas de sa course, le cylindre creux, qui en occupe le centre et enveloppe le cylindre, montant

(1) Les détails que l'on vient de lire sont extraits d'un mémoire présenté par M. Dumoncel à l'Académie.

dans l'axe de la cuve, vient s'appuyer sur le manchon placé autour du même cylindre auquel est suspendue la soupape du fond. Ce manchon suit donc le mouvement descendant du piston. La soupape s'abaisse en même temps; elle vient s'appliquer sur l'ouverture du fond un peu avant que la manivelle du volant soit arrivée dans sa position verticale inférieure et le piston au bas de sa course. Comme il continue encore de descendre de quelques millimètres, l'eau enfermée dans le fond de la cuve détermine la levée de la soupape du piston. L'égalité de pression sur les deux faces de celui-ci étant alors rétablie, la manivelle dépasse la position verticale en vertu de la vitesse acquise par la masse du volant, et le piston remonte entre deux eaux entraîné par le contre-poids adapté au volant ; la dépense d'eau motrice cesse, et la cuve reste pleine d'eau pendant que le piston remonte. Lorsqu'il approche de la limite supérieure de sa course, le manchon auquel est suspendue la soupape dont il est pourvu vient rencontrer deux battoirs fixes qui, s'appuyant sur les extrémités d'un diamètre, empêchent le manchon de suivre le mouvement ascendant du piston. L'ouverture ménagée dans le piston se rapproche donc de la soupape, qui reste immobile, et vient s'appliquer contre elle un peu avant que la manivelle ait atteint sa position verticale supérieure ; le piston continue encore de monter un peu ; il en résulte une aspiration qui détermine l'ouverture de la soupape du fond ; la manivelle dépasse le *point mort* supérieur en vertu de la vitesse acquise du volant, et une seconde période de mouvements commence. Le cylindre qui s'élève dans l'axe de la cuve et sert de guide au piston est un tuyau qui traverse le fond de la cuve et se relève par un ou deux coudes arrondis jusqu'à la hauteur du bief des eaux motrices, avec lesquelles il communique par une ouverture munie d'un clapet s'ouvrant de dehors en dedans. Ce tuyau est ouvert à la partie supérieure, engagée dans la partie centrale du piston. Celle-ci constitue un cylindre creux qui enveloppe latéralement et ferme en-dessus le tuyau. Le manchon embrassé par le collier qui porte la soupape du fond représente l'embase ou l'épaulement de ce couvercle, avec cette différence que ce couvercle est lui-même mobile de haut en bas entre certaines limites, au lieu de faire corps avec la paroi de l'étui. Lorsque le piston monte, l'eau du bief supérieur s'introduit dans le tuyau et vient remplir l'espace engendré par la levée du couvercle ; quand le piston descend, l'eau est refoulée du côté du bief des eaux motrices, où elle ne peut rentrer par suite de la fermeture du clapet ; elle passe dans un tuyau ascensionnel qui la porte dans un réservoir supérieur destiné à la recevoir. Le recule de la colonne d'eau ascensionnelle pendant l'aspiration qui succède à ce refoulement est prévenu par un clapet placé au bas du tuyau montant.

Le piston de la machine motrice de M. Girard n'est point pourvu d'une garniture passant entre les parois de la cuve; l'auteur emploie un cylindre dont la hauteur est égale à un peu plus de la moitié de la course du piston. Ce cylindre est enveloppé d'un manchon en cuir fixé par une *patte* ou une bride annulaire au centre de sa face supérieure; le bas du manchon qui dépasse un peu le cylindre est retroussé (le piston étant supposé en haut de sa course), et son contour est fixé par une patte ou une bride à la paroi externe de la cuve suivant une ligne circulaire, située au milieu de la hauteur dans laquelle joue le piston. Le jeu annulaire entre le contour du cylindre formant le piston et l'intérieur de la cuve est un peu plus grand que le double de l'épaisseur du manchon en cuir dans une position quelconque du piston; une partie du manchon est appliquée sur le contour du piston, l'autre contre la paroi de la cuve; ces deux parties sont séparées par un pli circulaire continu dans un plan horizontal et qui le dépasse dans le sens vertical avec une vitesse égale à la moitié de celle de la partie solide du piston.

La cuve de la machine motrice repose sur le sol du canal de suite par des supports en fonte ou en bois disposés circulairement et entre lesquels s'écoule l'eau motrice; un cylindre en tôle, mobile dans le sens vertical, enveloppe extérieurement le bas de la cuve : c'est une vanne cylindrique qui peut s'appuyer sur la base circulaire des supports de la cuve de manière à l'isoler complétement du canal de suite. En la levant plus ou moins, on peut pendant la marche de la machine faire varier à volonté la grandeur du débouché de l'eau qui a traversé la machine à soupape.

La machine de M. Girard, qui est, quant aux principes, une machine à colonne d'eau à simple effet et à piston creux, est appropriée à des chutes basses ou moyennes et des dépenses d'eau qui peuvent être grandes; elle est disposée de façon à utiliser la chute d'eau tout entière sans aucune perte possible de l'eau motrice à son entrée dans la réception. La forme annulaire des ouvertures ménagées dans le piston et le fond de la cuve permet de leur donner de grandes dimensions, et par conséquent de réduire à une proportion minime la perte du travail due à la vitesse que l'eau condense à sa sortie et aux résistances qu'elle éprouve en traversant le piston quand elle remonte. La réunion de la pompe foulante et de la machine motrice à un seul système offre cet avantage, que la pression de la colonne d'eau motrice et celle de la colonne d'eau refoulée, qui se font à peu près exactement équilibre entre elles, sont appliquées à un seul et même piston; que le bouton de la manivelle du volant ne supporte qu'un poids à peu près égal à celui du piston et de la bielle, augmente ou diminue des forces capables de produire des variations de vitesses de ces pièces et des colonnes d'eau qui suivent leur mouvement.

L'effet utile d'une machine de ce genre en bon état, bien établie, le piston ayant un mouvement très-lent, sera vraisemblablement au moins égal à celui des meilleures roues hydrauliques employées à élever l'eau (1).

MOULAGE. — Avant d'entrer en détail, jetons un coup d'œil rapide sur l'histoire de l'art du mouleur en plâtre, et tâchons de demêler ce qu'il a été chez les anciens; nous suivrons ces progrès chez les modernes et nous finirons par examiner quelle est son utilité.

Tous les commencements des arts sont obscurs; on ne peut former que des conjectures sur la manière d'opérer des anciens. Quelques passages de Moïse, de Pline, de Vitruve, ne nous ont pas laissé absolument sans lumières, mais il est impossible d'en former un système d'opérations suivies, on ne marche qu'à travers des ténèbres. Tout ce que l'on peut recueillir de quelques traits épars dans leurs ouvrages se réduit à très-peu de chose, et les monuments de ce genre, devenus si rares, ne peuvent suppléer au silence des historiens.

Il paraît que la méthode la plus communément suivie parmi les anciens, et particulièrement pour les grands ouvrages, était de fondre en lames de diverses épaisseurs les métaux dont ils voulaient faire leurs statues. Ils rassemblaient ensuite ces platines ou pièces différentes sur une armature de fer, les rapprochaient au marteau et leur donnaient les formes désirées. C'est ainsi que paraissent avoir été construits le colosse de Rhodes, la statue colossale de Néron, etc.; monuments dont la grandeur nous étonne, mais dont le merveilleux disparaît dès qu'on s'est formé une idée de la mécanique qui les a élevés.

Tantôt ils se servaient d'une espèce de pierre dans laquelle ils avaient reconnu la propriété de résister à la violence du feu. Ils la creusaient et en faisaient un moule grossier, dans lequel ils coulaient la matière. Ils n'en retiraient que des figures massives, mais on les perfectionnait au ciseau. Quelquefois même on coulait des métaux sans forme; on en faisait un bloc, dans lequel, à force de travail et de patience, on parvenait à tailler une statue comme on travaille le marbre. Lorsque l'art fut perfectionné, on se servit de modèles, qui n'étaient point destinés à l'usage que nous en faisons aujourd'hui. Ces modèles se faisaient de terre préparée; on enlevait partout une épaisseur égale à celle qu'on voulait donner à la matière qu'on voulait couler, de sorte que le modèle devenait proprement ce que nous appelons noyau. On faisait recuire ce noyau, on le couvrait de cire; l'artiste terminait ces cires; et c'était sur ces cires que se faisait le moule de potée; ensuite l'ouvrage s'achevait comme chez les modernes.

Cependant il y a lieu de croire que les anciens n'ont coulé de cette manière que des morceaux d'une grandeur médiocre : telles sont les oies du Capitole, qui subsistent encore. Ils coulaient suivant la même méthode les différentes parties de la figure par morceaux séparés, qu'ils rassemblaient ensuite avec art : la statue de Marc-Aurèle, seul monument de ce genre qui nous soit resté de la main des anciens, paraît avoir été coulée en deux parties, le cheval et la figure séparément. On ignorait encore, il y a moins d'un siècle, l'art de fondre d'un seul jet.

Il paraît donc constant que les anciens ont absolument ignoré l'usage du plâtre liquide; ils s'en sont servis comme du marbre, pour tailler au ciseau ou pour faire des modèles, mais jamais pour prendre des empreintes, faire des creux sur les reliefs et reproduire les originaux. On s'est quelquefois servi de la cire pour le même objet. Le frère du célèbre Lysippe fit des figures en moulant le visage des personnes avec de la cire, qu'il peignait ensuite : travail peu estimé sans doute; car il y a une grande différence entre le travail fait avec l'ébauchoir et celui qui se jette en moule : l'un est le fruit du génie, l'autre est une manœuvre purement mécanique.

L'art de mouler en plâtre, qui multiplie les chefs-d'œuvre de la sculpture, commença entre les mains de Werrochio, sculpteur habile autant que peintre célèbre. Il ne moula le premier le visage des personnes mortes ou vivantes, que pour fixer plus sûrement des traits qui s'échappent et copier la nature. Cette découverte s'applique bientôt à l'art lui-même; on connaît le prix des chefs-d'œuvre de l'antiquité; on déterre les ruines précieuses, on étudie ces modèles. Le Roffo, le Primatrice, paraissent; ils ressuscitent pour ainsi dire ces morceaux jusqu'alors ensevelis; ils moulent quantité de statues, de bustes, de bas-reliefs antiques; nos richesses se multiplient, et chacun jouit de copies fidèles et précieuses, dont l'original ne peut se déplacer. Alors François Ier, digne appréciateur des talents, attire en France les artistes célèbres. Ils y viennent chargés de leurs trésors; Fontainebleau s'embellit de statues jetées en bronze. Le Goujon, les Pigaux étudient l'art, devenu pour eux une seconde nature plus sûre que la première; leur goût se développe, leur génie s'enflamme, et la France se glorifie de produire des artistes.

Telle est, sur les bords de la Seine, la marche de cette révolution pendant qu'on élève à Florence, au père de la patrie et des arts, à Côme de Médicis, une statue équestre dont la figure et le cheval sont coulés séparément.

En France tous les arts se replongent dans les ténèbres sous Henri II et ses successeurs. Sous Louis XIII, ou plutôt sous Richelieu, ils commencèrent à reparaître. On place sur un pont magnifique la statue du plus aimé des rois; cet ouvrage n'est pas en entier de la main d'un Français. Un élève de Michel-Ange a fondu la figure du cheval, à Florence, et Dupré a lutté avec succès contre Jean de

(1) *Bulletins de la Société d'encouragement.*

Bologne, son maître, dans celle du héros. Enfin, sous le règne de Louis XIV, où tout est perfectionné, Keller s'associe à la gloire de Girardon, et de leurs talents réunis naît le plus grand et le plus magnifique ouvrage de ce genre, la statue de la place Vendôme, fondue d'un seul jet. C'est là le plus haut période de l'art, il n'y a rien de mieux à faire en pareil cas que d'étudier et de répéter les procédés qu'on a suivis alors. Aussi n'ignore-t-on pas que cinquante ans après, lorsqu'on a voulu exécuter la statue de Louis XV à Bordeaux, la pratique en était presque oubliée, et que, sans les mémoires de Bosfrand, l'art de fondre d'un seul jet une statue équestre eût peut-être été trouvé et perdu dans l'espace de deux siècles.

Quant aux avantages que l'on retire de la méthode de mouler, ils sont sensibles. On a déjà vu que c'est à cette heureuse découverte qu'on est redevable de la renaissance de l'art. Les antiques moulés par le Roffo et le Primatice ont jeté parmi nous les semences du bon goût. Louis XIV avait bien senti l'utilité de cette méthode quand il fit mouler à grands frais, à Rome, toute la colonne Trajane, qui fut apportée au Louvre, où l'on en voit encore quelques débris dans la salle des Antiques. Dans le même lieu sont les creux des figures antiques, ou ce qui s'en est conservé, malgré les ravages du temps et peut-être le défaut de soins nécessaires.

Qu'il nous soit permis de former un vœu : c'est de voir renouveler sur les originaux ces moules si utiles au maintien des arts en France!

Sans parler de la colonne Trajane, dont il n'appartient qu'à des souverains d'avoir des copies, combien de morceaux précieux dont les amateurs ne sont redevables qu'à l'art de mouler! Si la France jouit de l'Hercule Farnèse, de la Vénus de Medicis; si le Mercure de M. Pigalle, la Vénus de M. Conston font les délices des connaisseurs; enfin, si nos jardins, nos vestibules, nos cabinets sont ornés de ses chefs-d'œuvre, nous ne les devons qu'à cette méthode ingénieuse qui sait les multiplier.

Si de ces avantages généraux nous examinons en détail ceux que les artistes en tirent journellement pour leurs travaux, nous verrons combien cette méthode à servi aux progrès de l'art. Un homme utile a la patrie vient d'expirer, on veut saisir et perpétuer ces traits que la mort va détruire, on se hâte de le mouler : alors ce masque donne à l'artiste le profil et les formes principales qui font la ressemblance. Il ne le dispense pas de copier la nature, mais il lui tient lieu de ce modèle qu'il doit avoir sous les yeux pour la saisir plus sûrement. D'ailleurs, quand un artiste a fait son modèle en terre molle, qu'il l'a animé du feu de son génie, s'il veut travailler le marbre d'après le modèle, il faut en fixer les formes, qui deviendraient molles et arides en séchant. L'imitation serait impossible sans le secours du mouleur.

On coule le modèle en plâtre; c'est d'après ce plâtre, devenu le vrai modèle, à moins cependant que le sculpteur ne fasse son modèle en plâtre à la main, et dans ce cas même il est obligé d'en faire mouler des parties pour faciliter son exécution : quand enfin on veut avoir de bons modèles, soit d'après nature, soit d'après les monuments, on fait mouler des parties séparées, un bras, une jambe, etc. Ce sont des études toujours sûres que l'on multiplie à son gré; c'est le moyen de faire un beau choix.

Il est vrai que l'art de mouler pour les ouvrages de conséquence demande une intelligence qu'on ne trouve pas toujours dans ceux qui l'exercent : de là cette foule de morceaux faits à la hâte et sans soin, qu'on rencontre partout : copies infidèles et difformes, où l'œil de l'artiste même a de la peine à reconnaître son ouvrage.

Les sculpteurs jaloux de leur réputation savent bien faire un choix; pour les autres qui ne veulent que multiplier les plâtres bons ou mauvais, il importe peu de quelle main ils se servent.

MOULIN (du latin *mola*, *molina*). — En général, on donne ce nom à toutes sortes de machines ayant pour objet de diviser, d'écraser, de pulvériser une substance quelconque. On en distingue donc de plusieurs espèces, suivant les effets qu'ils sont appelés à produire ou les matières sur lesquelles ils doivent agir; c'est ainsi qu'il y a des moulins à huile, à fruits, à drèche, à tan, à moutarde, à monder et à perler l'orge, l'avoine, le riz; des moulins à papier, à foulon, à débiter le bois, à tabac, à broyer les couleurs, etc., etc. Nous n'avons à nous occuper ici d'une manière spéciale que des moulins à moudre le grain pour le réduire en farine. Suivant les moteurs qui les font agir, on les classe en moulins à bras d'hommes, moulins mus par des animaux à l'aide d'un manége, moulins à eau, moulins à vent, et moulins à vapeur.

Les moulins à bras d'hommes et à manége ne sont guère employés aujourd'hui que dans les villes assiégées; leur mécanisme peut être très-simple, et se rapproche plus ou moins de celui du moulin à moutarde, à poivre ou autres. Quant aux moulins à vapeur, ils ne diffèrent des moulins ordinaires que par l'agent qui les met en mouvement. Ils sont d'ailleurs peu répandus.

L'art de moudre les céréales, qui fait presque partout le fond de la nourriture de l'homme, remonte bien haut dans la nuit des temps, mais il a subi de nombreuses variations. L'idée la plus simple fut d'abord de séparer le grain de sa pellicule en le torréfiant; puis ensuite on dut le concasser; et enfin, en le pilant dans des mortiers, on en obtint une sorte de poudre ou farine. Perfectionnant le moyen de convertir le grain en farine, on essaya de l'écraser avec des rouleaux sur des pierres taillées en table, ce qui a vraisemblablement conduit à le broyer entre deux meules couchées, dont

on fait tourner horizontalement la supérieure sur l'inférieure.

Le travail de moudre ainsi le grain était fort pénible : c'était ordinairement l'emploi des esclaves, et même on y faisait servir les criminels. Samson fut condamné à ce travail chez les Philistins. Dans les premiers temps la meule supérieure n'était que de bois, et elle était armée d'espèces de têtes de clous de fer; on les prit ensuite toutes deux de pierre. Ayant trouvé le moyen de faire mouvoir ces machines autrement qu'à force de bras et avec moins de peine, en employant des ânes et des chevaux, on put augmenter la grandeur et le poids des meules. Le génie de l'homme et les progrès de la mécanique lui firent appliquer les forces mêmes de la nature à mouvoir de plus grandes meules encore, et les moulins à eau, dont on fait remonter l'invention au temps de César ou d'Auguste, se répandirent rapidement en Europe, où ils étaient devenus nombreux vers la fin du IVe siècle. Enfin, pour suppléer à l'insuffisance des cours d'eau, le vent put la remplacer; dès lors les moulins se multiplièrent, la consommation de la farine augmenta, et l'usage du pain remplaça presque partout celui de l'espèce de galette qu'on préparait auparavant et qu'on prépare même encore aujourd'hui dans certaines contrées, avec des moyens plus bornés.

A la fin du XVIe siècle, un meunier de Senlis, nommé Pigeaut, imagina la mouture dite économique, qui diffère surtout de la mouture à la grosse employée jusque-là, en ce que les gruaux sont soumis de nouveau à l'action des meules. Cette méthode ne put pas s'introduire immédiatement. Pendant longtemps l'usage du gruau, qui se trouvait mêlé au son et qu'on nommait par dérision farine de Champagne, fut prohibé dans la fabrication du pain, comme étant indigne d'entrer dans le corps humain. Mais quelques boulangers n'en glissèrent pas moins dans leurs pains, et la mauvaise année de 1709 encouragea cette prétendue fraude. Le pain n'en fut pas plus mauvais; l'indigence fit perpétuer l'expérience, et, en 1725, une seconde disette fit faire de nouveaux efforts pour perfectionner ce système. La bluterie parvint enfin à séparer les gruaux du son gras, et l'on obtint une farine supérieure de ces gruaux auparavant si méprisés. Cette méthode ne se répandit pourtant alors qu'aux environs de Paris; mais accueillie par l'étranger, et développée en Amérique et en Angleterre, elle s'est fait connaître sous le nom de mouture anglaise, et elle est maintenant généralement adoptée.

Quel que soit l'agent qui lui imprime son mouvement, l'action intérieure d'un moulin est toujours à peu près la même. Ce sont essentiellement deux meules couchées l'une sur l'autre dont l'inférieure, dite gisante, est immobile, et sur laquelle tourne la supérieure, dite courante, qui peut aussi s'élever ou s'abaisser de manière à se rapprocher plus ou moins de la meule inférieure. Ces meules ne doivent pas être unies, parce qu'elles écraseraient le grain sans le réduire en poudre. C'est pourquoi on les pique ou r'habille de temps à autre, environ tous les deux mois, opération qui consiste à y former une foule de petites aspérités en les frappant avec un marteau pointu ou piquant. On rend ainsi les meules ardentes. Il faut éviter qu'elles le soient trop, car alors elles coupent le grain sans le casser et donnent peu de farine.

En général, il faut que l'ardeur des meules soit proportionnée à la force des moulins où elles sont montées, et que la meule gisante soit moins ardente que la meule de dessus. Le grain arrive entre les meules par l'œillard, trou au milieu de la meule courante, d'où il est déterminé, par la pression et le mouvement circulaire de cette meule, à passer vers le bord de la meule inférieure. Là se trouve une ouverture par laquelle il sort réduit en farine et en son, pour se rendre dans une huche où le tout est recueilli.

A son arrivée au moulin, le grain est donc transporté au plus haut étage. On le verse alors dans un émotteur, instrument cylindrique animé d'un mouvement de rotation, et composé principalement d'une toile métallique, à travers laquelle le grain doit passer pour se séparer des plus grosses matières qui y sont mélangées. Ensuite il passe par des grilles planes, sortes de cribles qui achèvent de le nettoyer. Le grain tombe de là dans des tarares, dont l'effet se réduit à frotter le grain contre une espèce de râpe formée par les bavures de plusieurs feuilles de tôle piquée, et à le soumettre à l'action d'un ventilateur. On ajoute quelquefois au frottement de la tôle piquée celui des brosses. Lorsque le grain est ainsi nettoyé de poussière et de carie, il faut encore le séparer des graines étrangères qui l'infestent, soit au moyen d'un cylindre en toile métallique incliné et animé d'un mouvement lent de rotation, soit à l'a de d'un crible sasseur suspendu.

A mesure qu'il se nettoie ainsi, le grain descend d'étage en étage dans les appareils dont nous venons de parler. Il passe encore dans un cylindre en tôle qui le roule et où on l'humecte, puis entre deux cylindres en fonte semblables à ceux d'un laminoir, mais assez écartés, dont l'action le comprime et l'ouvre en écartant les lobes. C'est dans cet état qu'il est livré aux meules, dont le frottement sépare aussitôt du son la pulpe du grain et la réduit en farine. On évite le broiement des sons en maintenant une quantité suffisante de grains entre les deux meules. En sortant du moulin, la farine est portée à la bluterie, où elle subit une dernière préparation, après laquelle elle est mise en sac et envoyée au marché.

Les moulins dont l'eau est le moteur doivent leur mouvement à l'impulsion de cet agent sur des roues hydrauliques. On les distingue en moulins de pied ferme ou pendants, qui sont bâtis solidement sur les bords des cours d'eau, et en moulins montés sur bateaux. Les roues, qui sont de diffé-

rentes espèces, suivant que le courant est assez fort ou qu'une chute de l'eau est nécessaire, font tourner leur arbre, lequel transmet le mouvement aux parties intérieures du moulin à l'aide d'un rouet ou grande roue verticale et dentée de chevilles perpendiculaires qui est adaptée à cet arbre et qui tourne avec lui. La lanterne, sorte de cage cylindrique, reçoit un mouvement de rotation dans le sens horizontal, qu'elle imprime à la meule courante, dont l'axe est commun au sien. Les moulins à vent doivent pouvoir tourner sur eux-mêmes, afin de présenter leurs ailes au vent, selon qu'il vient d'un côté ou d'un autre. Les ailes sont disposées de façon à recevoir l'action du vent comme les roues hydrauliques subissent celle de l'eau. Ces ailes, au nombre de quatre, tiennent à un arbre, qu'elles font tourner et qui imprime tous les mouvements intérieurs. Afin de leur faire présenter plus ou moins de surface au vent, les ailes sont munies de voiles qu'on étend à volonté. L'axe qui porte les ailes est incliné à l'horizon pour se trouver dans la direction du vent et opposer la surface des ailes à cette direction; cette inclinaison de l'axe ne suffit point : si les ailes du moulin étaient toutes quatre placées à angle droit sur l'axe, l'effort du vent qui agirait sur les ailes se détruirait lui-même; mais, si des deux ailes opposées et parallèles à l'horizon, l'une détourne sa surface de quelques degrés de l'angle droit, en regardant la terre, et l'autre en regardant le ciel, le vent, en heurtant contre la surface qui s'incline vers la terre, la fait monter, et, se glissant de même contre la surface de l'aile opposée, qu'il trouve inclinée en sens contraire, il la dispose à descendre : une action aide l'autre, et les deux autres ailes, placées de la même manière, produisent un double effet.

Tel est le bel artifice du vol des moulins à vent. Malheureusement tous ces moulins ont de graves inconvénients : le moteur vient souvent à manquer. Les crues d'eau, les glaces et les sécheresses font chômer les uns, que les torrents emportent quelquefois; l'absence de vent arrêtent les autres, que d'autrefois son impétuosité renverse. On n'est plus exposé à cet inconvénient en prenant pour auxiliaire la vapeur; mais les machines, trop chères et difficiles à conduire, leur travail et leur entretien, non moins coûteux, empêchent ces moulins de se répandre.

Tout le monde connaît ces petits moulins à café ou à poivre qui servent dans nos ménages : là une simple manivelle met en jeu une petite sphère en métal et cannelée, qui frotte contre les parois d'une sorte d'entonnoir, et entre lesquelles les grains à moudre viennent se briser. La moindre force suffit pour les mettre en mouvement, parce que les grains sont tendres ou attendris par la torréfaction. D'ailleurs, on peut en faire de plus grands qu'un homme met en mouvements à l'aide d'une plus longue manivelle. Les moulins à fruits, qui consistent en une meule verticale roulant dans une auge, servent à écraser les fruits pour en exprimer le jus, comme par exemple les pommes et les poires dans la fabrication du cidre et du poiré. On les emploie également dans la préparation du pastel et du vouède pour la teinture en bleu, etc. On peut encore rapporter à ce moulin les grandes machines à fabriquer le chocolat, etc.

Le moulin à tan est aussi à meule verticale. Les moulins à huile ont le même principe que les moulins à fruits; mais on ne peut exprimer l'huile des graines oléagineuses qu'après les avoir broyées et réduites en une sorte de pâte; cette opération se faisait autrefois à l'aide de pilons qu'on a remplacés par l'action de deux cylindres de fonte disposés comme ceux des laminoirs. Pour monder et perler l'orge, on se sert de moulins ordinaires dont on fait remonter la meule supérieure de manière à laisser plus d'espace entre les deux meules, qui donnent alors aux grains une monture très superficielle (1).

Nous donnerons dans les articles qui vont suivre des détails plus complets sur quelques spécialités de moulins.

MOULINS A VENT. — Les moulins à vent sont employés pour la mouture des grains, le sciage des bois, les irrigations, etc. Quoique le vent soit un moteur qui ne coûte rien et qui se trouve partout, on n'a guère recours à ces moulins que lorsqu'on ne peut pas faire autrement, à cause de l'irrégularité de leur action, le temps du chômage étant à peu près, dans nos pays, double de celui du travail.

On employait autrefois, et on voit encore dans quelques endroits, des moulins à vent dits à ailes horizontales, qui sont formés d'un arbre vertical portant des bras horizontaux, à l'extrémité desquels sont fixées des ailes formées, soit de demi-cylindres, soit d'hémisphères ou de cônes creux en tôle, et tournés dans le même sens. La pression exercée par le vent sur une aile qui lui présentera sa concavité sera double de celle qu'il exercerait sur sa projection, tandis qu'elle sera égale ou même inférieure à cette dernière pression sur l'aile située à l'autre extrémité du diamètre passant par la première aile, et qui lui présentera sa convexité. Le moulin tournera donc toujours dans le même sens, en vertu de la différence de ces deux pressions, quelle que soit la direction du vent. Le grand désavantage de ces moulins consiste en ce que l'action du vent n'agit jamais que sur un peu plus d'une aile, ce qui force à donner à celles-ci un beaucoup plus grand développement que dans les moulins à ailes verticales.

Actuellement on se sert, pour ainsi dire exclusivement, pour la mouture des grains, de moulins à vent à ailes verticales obliques. Ces moulins consistent : 1° en un

(1) Cet article est emprunté à l'*Encyclopédie des gens du monde*.

arbre tournant, forte pièce en bois de 0m,50 à 0m,60 d'équarrissage, fixée au comble d'un moulin ; comme on a reconnu que les courants d'air agissent en plongeant sur la terre sous un angle de 8 à 15 degrés, on donne cette même inclinaison à l'arbre ; 2° en deux volants d'environ 24m de long et de 0m,20 à 0m,30 d'équarrissage, fixés en croix sur la tête de l'arbre; et qui forment les quatre bras. A 2m environ du centre de rotation, chacun d'eux est traversé perpendiculairement à sa longueur par un barreau ou latte, de 2m de long, faisant un angle d'environ 30° avec le plan passant par les quatre bras : puis, de 0m,40 en 0m,40 on place de pareils barreaux, mais en les inclinant de moins en moins, de manière que celui qui est à l'extrémité ne fait plus qu'un angle de 12° à 6°, selon que l'arbre est plus ou moins incliné à l'horizon. Les bouts de lattes, de part et d'autre des bras, sont maintenus par deux autres pièces de bois; tout cet ensemble constitue une aile du moulin. Par-dessus on étend la toile ou voile destinée à recevoir l'action du vent. Les voiles de ces moulins, par suite de la disposition des lattes et quelquefois d'une légère courbure dans les bras, présentent une certaine concavité au vent qui augmente leur effet utile. Dans tous les cas, on doit toujours, lors du travail, mettre le moulin au vent, c'est-à-dire de telle sorte que le plan des ailes soit à peu près perpendiculaire à la direction du vent, ou que l'arbre soit orienté suivant cette direction.

La charpente de la plupart des moulins à vent est en bois, et est établie au sommet d'un cône en maçonnerie, qui porte une colonne centrale sur laquelle on fait pivoter le moulin pour le mettre au vent. A cet effet, des piquets sont plantés circulairement en terre, à quelque distance de la maçonnerie conique : on attache à l'un de ces piquets un cabestan portatif à bras, dont on fixe la corde à l'extrémité d'un long levier, et en agissant sur le cabestan, on amène le moulin dans la position voulue.

Dans les moulins à vent d'une construction soignée, le corps du moulin est fixe et forme une tour en maçonnerie, surmontée de rails en fer graissés, ou même garnis de galets, sur lesquels tourne la toiture en entraînant avec elle l'arbre et les ailes.

On emploie souvent les moulins à vent pour élever l'eau, surtout pour les besoins de l'agriculture, pour les irrigations. Dans ce cas ce n'est pas le moulin hollandais, qui ne peut fonctionner que trois à quatre mois au plus par an, qu'il convient d'employer, mais bien l'ingénieux moulin inventé par M. Amédée Durand, et qui peut marcher les trois quarts de l'année avec une vitesse à peu près constante, quelle que soit la force du vent. Ce moulin, qui se trouve décrit avec détails et figures dans le *Bulletin de la société d'Encouragement pour* 1830, page 153, est à ailes verticales; son arbre, horizontal, porte une manivelle qui donne le va-et-vient au piston d'une pompe ; la tige de ce piston descend dans l'axe d'un tuyau de fonte, qui peut tourner sur des collets quand le vent vient à changer; car alors les ailes servent de girouette pour faire pirouetter le moulin, qui de lui-même vient se mettre au vent; les ailes prennent le vent par derrière. Il ne faut pas de bâtiment pour porter cet appareil; un simple mât dressé près du puits, et soutenu par des haubans, porte au sommet tout cet équipage, et pourtant tout est construit avec une solidité à l'épreuve des bourrasques.

Au lieu de voilures, les quatre ailes sont en tôle pleine ; mais chacune peut tourner sur la vergue en fonte qui la traverse et partage sa surface aux 2/5e de sa largeur. Un ressort à boudin la retient contre l'action du vent, qui tend à la faire tourner sur sa vergue en vertu des forces inégales exercées sur les deux parties de sa surface, dont l'une excède l'autre de 1/5e ; cette action du vent est transmise à l'aile du moulin selon la loi voulue par son degré d'obliquité.

Quand le vent acquiert de l'impétuosité, la rotation des ailes s'accélère ; mais un poids placé au bout de l'aile, participant au mouvement, agit par sa force centrifuge, et contraint l'aile à s'obliquer sur sa vergue, de manière à ne présenter au vent que très-peu de surface, et même sa tranche dans les bourrasques : ainsi ce moulin modère de lui-même sa course. Un frein, qu'on manœuvre du sol, sert à l'arrêter tout à fait quand on le juge nécessaire.

Enfin, il y a un compteur qui, tous les cent tours, verse une goutte d'huile sur les points de friction. Ainsi, cet ingénieux appareil semble un être organisé pour accomplir ses fonctions et se suffire à lui-même, soit pour se diriger au vent, soit pour produire le mouvement, soit pour entretenir les pièces en état (1).

Nous compléterons ce qui vient d'être dit sur le moulin de M. Durand par la citation suivante empruntée au *Journal des connaissances utiles*.

Frappé de l'abandon qu'on semblait faire généralement de la plus économique des forces motrices, la puissance du vent, M. Amédée Durand en a recherché les causes ; il pense les avoir trouvées dans l'inégalité de ce moyen d'action, dans l'extrême difficulté d'en régler l'application. Le vent souffle trop ou trop peu, parfois même il ne souffle pas du tout; l'énoncé le plus bref des inconvénients inhérents à cette force motrice, c'est qu'elle expose celui qui s'en sert à ces trois alternatives: trop de force, pas assez de force, pas de force du tout. Trouver le moyen de se débarrasser de l'excès de la force, tirer tout le parti possible de cette force lorsqu'elle faiblit, c'est presque faire disparaître deux des trois inconvénients que nous venons de signaler; une étude pratique a bientôt prouvé que le dernier même de ces

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

inconvénients, l'absence du vent, la durée du calme plat, dont il semblait impossible de triompher, (car comment d'une puissance nulle, faire une force motrice utile?) était beaucoup plus restreint qu'on ne l'avait jusqu'ici supposé.

Nous sommes fondé à raisonner ainsi sur des expériences dont les résultats ont paru sous nos yeux, que nous avons été à même de contrôler et de vérifier, et qui nous ont donné la conviction que plusieurs moulins de M. A. Durand tournent moyennement seize heures sur vingt-quatre.

M. A. Durand s'est proposé la construction d'un moulin qui utilisât la force du vent dans tous les degrés où elle se développe, qui pût se mouvoir sous l'impression du vent le plus faible, tout en restant incapable de résister au vent le plus fort, sans s'écarter d'un maximum de vitesse susceptible d'être réglé d'avance ; enfin il s'est efforcé de doter l'agriculture et l'industrie d'une machine qui prît constamment au vent la totalité de sa force utile, en se suffisant à elle-même dans toutes les circonstances atmosphériques. Décrire fidèlement le moulin de M. Durand sera faire successivement connaître comment les problèmes posés ont été résolus.

Le moulin de M. Durand est du genre de ceux qui reçoivent le vent par derrière ; cette disposition a été adoptée de préférence comme celle qui fournit la méthode la plus simple, la plus sûre d'une bonne orientation.

Un support en forme de T porte l'arbre moteur et sert de pivot à tout le système pour l'orientation. A l'une des extrémités de l'arbre sont les ailes ; la manivelle qui transmet l'effort est fixée à l'autre extrémité. L'action du vent, en frappant les ailes par derrière, s'exerce sur un point situé au delà du centre de pivotement de tout le système ; le support de l'arbre, en cédant à l'impression du vent sur les ailes, place l'arbre auquel elles sont fixées dans une direction parallèle avec le courant d'air ; les ailes se trouvent ainsi constamment maintenues à angle droit avec le vent, changeant de position à mesure qu'il varie lui-même d'incidence, pour reprendre toujours la position à angle droit, la seule où la force d'impulsion, se faisant équilibre à elle-même sur toutes les ailes, ne leur permet plus qu'un mouvement de rotation autour de leur axe commun.

Les ailes sont au nombre de six, dont chacune présente dans son ensemble un triangle acutangle de 1 mètre 50 de base sur 2 mètres 50 de hauteur ; l'envergure totale est de 6 mètres 90, celle da la partie entoilée de 6 mètres 30 ; les surfaces sont composées de toile commune, comme dans les moulins aériens, mais avec cette différence qu'elles sont fortement tendues dans tous les sens et ne présentent dès lors aucun pli qui s'oppose au glissement du vent ; elles ne sont pas non plus supportées, comme à l'ordinaire, par des châssis en forme d'échelle, elles sont tout simplement attachées à la manière des voiles de vaisseau. Il résulte de cette disposition que trois morceaux de bois sans tenons ni mortaises, savoir : une antenne, une vergue et une pièce diagonale dite *livarde*, forment seuls, avec deux légères éclisses, tout le bâti d'une aile ; cette combinaison offre les moyens de manœuvre pour soustraire les ailes à la trop grande violence du vent dès qu'il en est temps, et dans la seule proportion convenable, pour continuer une marche régulière. L'installation que nous allons décrire a pour but de mettre en relation constante la surface des ailes avec la force du vent, afin d'obtenir une quantité moyenne d'action sensiblement uniforme, malgré les variations dans la puissance à laquelle cette action est empruntée.

La manœuvre qui permet aux ailes de se soustraire à la violence du vent pendant les ouragans, sans cesser jamais de recueillir la force convenable pour que le moulin continue à produire son maximum d'effet, n'est pas sans analogie avec ce qui se pratique en marine. On sait que, pour qu'une voile s'efface au vent, il faut filer l'écoute, c'est-à-dire laisser tourner autour du mât la vergue qui supporte la voile, en mollissant le cordage qui retient l'extrémité de la vergue : la voile arrive ainsi à la position d'un drapeau qui se place toujours parallèlement au courant d'air dont il subit l'influence ; c'est un effet semblable qui est operé dans le moulin de M. A. Durand ; le résultat est néanmoins obtenu par un stratagème tout différent.

Qu'on suppose une barque s'avançant sous l'action du vent arrière gonflant une voile tendue sur une vergue fixée à un mât ; si pendant la marche de la barque, la vergue venait à rencontrer par l'une de ses extrémités un point fixe, on la verrait tourner autour du mât pour se placer parallèlement à la longueur de la barque. La voile ainsi effacée cesserait d'être une cause d'impulsion : ce mouvement est précisément celui qui s'opère dans l'ingénieux moulin de M. Amédée Durand. Les ailes, mieux appelées voiles, sont tendues chacune sur une vergue fixée à une antenne. Toutes les antennes sont implantées dans un moyeu commun ; le moyeu peut glisser sur l'arbre qui le porte et l'entraîne malgré cette possibilité de glissement. Chaque voile est encore traversée diagonalement par une livarde unie avec l'un des bouts de la vergue par l'une de ses extrémités, tandis que l'autre est liée à l'arbre même chargé de tout l'appareil récepteur. On comprend dès lors qu'il suffit d'un changement de relation entre le moyeu qui porte les antennes et l'arbre au bout duquel toutes les livardes sont amarrées, pour faire effacer les voiles. Cet effet est le résultat de la direction imprimée à la vergue par la livarde poussée par l'antenne qui se déplace en prenant sur elle un point d'appui : pour mieux caractériser cette manœuvre, disons que, dans ce cas, pour carguer la voile, ce n'est plus l'écoute qui est filée,

c'est le mât au contraire qui change de place.

La position du moyen sur l'arbre est réglée dans la construction de manière que les ailes offrent toutes les surfaces tant que l'action du vent, multipliée par leur superficie totale, est inférieure à la pesanteur d'un contre-poids qui tend constamment à les ramener à cette position normale ; dès que l'équilibre entre la pression du vent sur les ailes et la pesanteur du contre-poids est détruit par la trop grande violence du vent, le contre-poids est soulevé, le moyeu se déplace sur l'arbre, le pivotement des livardes autour des antennes efface les voiles d'une quantité suffisante pour permettre une continuité de mouvements sans accélération sensible. Le poids, par son action incessante, ramène constamment les ailes à leur position normale; il empêche ainsi le moulin de s'arrêter pendant ou après un violent coup de vent qui aurait fait effacer les voiles. On conçoit par suite de ces dispositions, combien il est facile de régler *a priori* la vitesse du moteur, puisqu'il suffit d'opposer à l'action du vent qu'on veut utiliser un poids correspondant au maximum d'impulsion qu'on désire obtenir.

Le système d'ailes mobiles sur elles-mêmes devait être porté, à peu de frais, à une hauteur suffisante pour aller prendre le vent au-dessus des obstacles qui pouvaient en arrêter l'effet utile. M. Durand a rempli cette condition en échafaudant son arbre moteur sur l'extrémité d'une pyramide dont quatre pièces de bois forment les ailes ; il suffit de prolonger les pièces de bois pour qu'elles atteignent toutes les hauteurs voulues sans nuire à la solidité de la construction, les rapports de base restant les mêmes.

Il importe de faire remarquer, sous le rapport de l'économie, que ces pièces de bois, tout en formant les points d'appui du moulin, peuvent encore recevoir une autre destination utile en devenant la charpente d'une construction agricole obtenue par la seule addition de cloisons ordinaires.

La puissance de ces moulins est attestée d'une manière authentique par le procès-verbal de réception du moulin communal de Villejuif. M. l'ingénieur des ponts et chaussées Stombery constate que, par un vent moyen, le moulin fourni par M. Durand à cette commune élevait d'une profondeur de 15 mètres trois litres d'eau par coup de piston · le nombre des coups de piston était de trente à la minute. Il est bon de faire remarquer que cette évaluation est moins celle de la force réelle du moulin que celle de son produit en eau élevée par l'intermédiaire d'une pompe. Si l'on fait la somme du travail de ce moulin pendant 44 heures, on voit qu'il pourrait, en supposant un vent moyen constant pendant cette durée de service, élever d'une profondeur de 15 mètres une masse d'eau égale à 129,600 litres. Le travail équivaut à 1,944,000 litres élevés à la profondeur de 1 mètre dans le même temps. Une telle masse d'eau répartie sur le terrain couvrirait, sur 1 centimètre d'épaisseur, une surface de 19 hectares. La dépense annuelle d'entretien n'a pas jusqu'ici dépassé la très-modique somme de 35 francs.

MOULINS PORTATIFS. — Toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour pour obtenir des moulins d'un poids peu considérable et mis en mouvement au moyen d'une force peu énergique, n'ont produit aucun résultat. Les moulins à cylindre cannelés, à noix conique en fonte taillée, à meules verticales, etc., n'ont pu supporter l'épreuve de l'expérience malgré les pompeux prospectus de leurs inventeurs. Nous décrirons seulement le système de M. Nolder, qui nous paraît le plus ingénieux de tous ceux qui ont été proposés ; mais, nous le répétons, on ne doit l'employer que dans les cas exceptionnels où il est impossible de faire autrement. Ce serait toujours une fausse spéculation pour un petit propriétaire de vouloir faire chez lui la farine nécessaire à sa consommation : c'est une de ces opérations où l'association est indispensable. Nous insistons particulièrement sur cette réflexion, parce que nous avons vu trop souvent des fermiers, séduits par les vaines promesses des inventeurs, se laisser entraîner à des dépenses absolument sans résultat.

La mouture s'exécute dans les appareils de M. Nolder par la rotation d'une meule verticale en pierre, tournant sur un gîte concentrique de même substance. La disposition de ce gîte est ce que présente de remarquable la machine en question ; elle permet de régler avec une grande précision et beaucoup de facilité l'écartement des pierres (1).

MUSIQUE. — Le *Dictionnaire de l'Académie* définit le mot *Musique, l'art de combiner les sons d'une manière avantageuse à l'oreille*. Cette définition ne serait que celle de la partie technique de la composition musicale. Nous définirons la musique, d'après M. A. de la Fage, un *art qui a pour but d'émouvoir l'âme au moyen des modifications du son*. L'invention de la musique a été attribuée dans l'antiquité à des dieux ou à des héros divinisés : c'est Brahma chez les Indous, Germès chez les Egyptiens, Fo-hi ou Bouddha chez les Chinois ; Appollon, Orphée et Amphion chez les Grecs : tous héros civilisateurs et pacifiques, les uns dieux ou émanation divine, les autres messagers de lumières, comme si les anciens avaient voulu baser sur l'harmonie la civilisation et le bonheur des races, qui jusqu'alors ne s'étaient soumises qu'au pouvoir de la force.

Nous nous contenterons ici de donner l'historique de la musique en France, les limites qui nous sont posées ne nous permettant pas d'entrer dans toutes les parties qui peuvent constituer cette science. Ce résumé historique permettra au lecteur de suivre pas à pas le développement de l'art.

Dans la rédaction de cet article, nous ne pourrions choisir un plus sûr guide que M. Dieudonné Dema-Baron, qui a traité dans

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

les plus grands détails de l'historique de la musique française.

I. *De la musique française depuis son origine jusqu'à Charlemagne.* — Les historiens font remonter à une haute antiquité l'origine de la musique en France. Diodore de Sicile, Grégoire de Tours et Fauchet prétendent que les Gaulois cultivaient déjà cet art vers l'an du monde 2140, et que Bardus, leur cinquième roi, créa des écoles publiques où il était enseigné sous la direction de chefs appelés *bardes*. Ces derniers, au dire de Dupleix, se seraient fixés principalement à Montbard, en Bourgogne. Subordonnés aux druides, seuls dépositaires de la religion et de la science, les bardes ne se bornaient pas à enseigner la jeunesse; on sait qu'ils étaient encore les poëtes des Gaulois: ils chantaient au son de la harpe la gloire des héros, marchaient à la tête des armées, répandaient l'enthousiasme parmi les combattants en leur inspirant le mépris de la mort. Ils exercèrent ces fonctions jusqu'au commencement du Ier siècle de l'ère chrétienne, époque à laquelle ils quittèrent les Gaules.

Les Romains avaient importé dans ces contrées le goût de la littérature et des beaux-arts. Il est permis de croire qu'en adoptant les principes de musique, qu'ils avaient reçus de leurs vainqueurs, les Gaulois leur empruntèrent aussi leurs instruments; les monuments et les auteurs appuient cette conjecture. Plus tard, l'influence des peuples du Nord, qui se répandirent dans les Gaules, et la barbarie dans laquelle ces peuples furent longtemps plongés, firent oublier les anciens instruments pour en adopter de nouveaux. Les Francs en employèrent un grand nombre dans les cérémonies publiques. Fauchet rapporte qu'en 417 Pharamond fut proclamé roi à la tête de son armée aux sons de tous les instruments militaires.

On trouve sous le règne de Clovis la première indication d'un musicien attaché à la cour des rois. Ce monarque, frappé d'admiration, en entendant la musique exécutée dans l'Eglise de Reims à l'occasion de son baptême, voulut avoir près de soi personne un musicien habile. Il s'adressa à cet effet à Théodoric, roi d'Italie. Celui-ci, dans la lettre qu'il écrivit au roi de France, lui dit: «Nous vous envoyons le joueur de harpe que vous nous avez demandé: habile dans son art, par la voix et par les sons de l'instrument dont il s'accompagne, il pourra charmer votre glorieuse puissance; nous espérons qu'il vous sera agréable, puisque vous avez fortement désiré qu'il vous fût envoyé.» Peut-être doit-on à ce musicien, nommé Acorède, l'introduction en France du chant romain, qui brilla d'un assez vif éclat dans les VIe, VIIe, VIIIe et IXe siècles.

Les Francs célébraient par des chants les succès que leurs rois obtenaient dans les combats. Sous la première race, leurs chansons militaires étaient écrites en latin et rimées. Les soldats les entonnaient en chœur lorsqu'ils marchaient à l'ennemi. Nous possédons celle de Clotaire II, composée en mémoire de la victoire que ce roi remporta sur les Saxons. Sidonius Apollinaris, qui nous l'a conservée, dit qu'elle fut chantée à pleine voix (*magna vociferatione*) dans tout le royaume.

Jusqu'au règne de Pépin, les annales musicales ne contiennent rien qui soit digne de remarque. Cette époque, à laquelle on fait remonter la création de la musique de chapelle de nos rois, offre un événement remarquable par l'influence qu'il exerça sur les progrès de l'art: nous voulons parler de l'introduction des orgues dans les églises. Le premier qui parut en France fut envoyé, en 757, à Pépin par l'empereur Constantin Copronyme. On le plaça dans l'église de Saint-Corneille à Compiègne. Ces instruments étaient alors réduits à de très-petites dimensions et servaient à accompagner le chant à l'unisson. Un prêtre vénitien nommé Grégoire passe pour avoir été le premier qui essaya d'en construire en Europe; Louis le Débonnaire le chargea, en 826, d'en faire un pour la ville d'Aix-la-Chapelle. L'art de confectionner les orgues ne se développa que lentement. Vers 1350, plusieurs améliorations y furent apportées par François Landino, surnommé *Francesco degli organi*, à cause de son habileté à jouer de cet instrument. L'invention des pédales remonte à l'année 1470; elle appartient à un Allemand nommé Bernard, organiste à Venise. Successivement perfectionné, l'orgue est devenu, par la puissance et la richesse de ses effets, le plus majestueux des instruments de nos jours.

II. *Depuis Charlemagne jusqu'au XIIe siècle.* — Le chant ecclésiastique, formé de l'ancienne mélopée des Grecs, avait reçu de saint Ambroise, archevêque de Milan, une constitution fixe vers la fin du IVe siècle. Ce chant, appelé depuis chant ambrosien, ou plain-chant, fut, deux cents ans plus tard, modifié et perfectionné par saint Grégoire, qui substitua, dit-on, les lettres romaines aux nombreux signes grecs employés pour la notation. L'introduction en France de cette nouvelle méthode, nommée chant grégorien, date du règne de Charlemagne. Ce prince, dont le génie s'étendait à tout, ne se délassait des fatigues de la guerre qu'en s'occupant des moyens de faire fleurir les sciences et les arts dans son royaume; il attirait à lui les hommes les plus distingués qui pouvaient l'aider à concourir à cette œuvre. Pendant son séjour à Rome, en 787, le pape Adrien II lui donna deux chantres, nommés Théodore et Benoît. Le monarque français, à son retour, les envoya, l'un à Soissons, l'autre à Metz, avec ordre de corriger les antiphonaires du royaume, d'après celui qu'ils avaient apporté d'Italie, et que saint Grégoire lui-même avait noté. Le chant grégorien, enseigné dans les écoles publiques que Charlemagne avait fait établir dans chaque monastère et dans chaque maison épiscopale, fut bientôt généralement adopté. Mabillon pense que l'emploi de

l'orgue contribua puissamment au perfectionnement de ce nouveau genre de musique sacrée. Divers personnages considérables composèrent dans la suite les paroles et la musique de plusieurs hymnes. Selon quelques auteurs, Charlemagne en avait donné l'exemple en composant celui du *Veni Creator* (Lebœuf, ***Traité historique du chant ecclésiastique***; Gerber, ***De musica sacra***). Charles le Chauve fit présent à l'église de Compiègne d'un office de sa composition; mais aucun de nos rois n'aima la musique autant que Robert, qui, vers le commencement du XIᵉ siècle, écrivit un grand nombre de chants, d'hymnes et de répons, parmi lesquels on remarque le ***Veni, sancte Spiritus***, le ***Judæa***, et ***Jerusalem***, longtemps chanté aux vêpres de Noël, et l'*O constantia martyrum*. Constance, seconde femme de ce roi, ne savait pas le latin et croyait que cette hymne avait été composée en son honneur.

Les chansons militaires, qui, comme on l'a vu, remontent à l'origine de la nation, furent pendant longtemps les seules en usage. Elles étaient en grande faveur sous le règne de Charlemagne. On les appelait ***chansons de gestes***, parce que, à l'exemple des chants des peuples du Nord, elles retraçaient les faits des guerriers. De nombreux baladins et musiciens ambulants, remplissant en même temps les fonctions de poëtes et d'historiens, parcouraient la France en récitant celles qu'ils composaient.

Charlemagne était passionné pour ces chants nationaux; il avait fait réunir avec soin, et se plaisait à apprendre par cœur les anciennes poésies qui consacraient la gloire de ses prédécesseurs. Ce recueil formait la principale partie de l'histoire de France; on a malheureusement à en déplorer la perte.

Nous avons cité le chant de guerre de Clotaire II. Le savant abbé Lebœuf, dans sa Dissertation sur l'état des sciences sous Charlemagne, nous a conservé en ce genre un autre monument d'autant plus intéressant, que la musique, en notation gothique, accompagne les paroles. C'est une espèce d'ode écrite en langue latine, comme la chanson de Clotaire, où la rime est également employée. L'auteur, saint Paulin, patriarche d'Aquilée, y chante les vertus, les exploits, et déplore le trépas d'Eric, duc de Frioul, mort prisonnier en 799. La chanson de guerre la plus célèbre a été celle de Roland, qu'on commença à chanter vers la fin du IXᵉ siècle; elle se répandit bientôt dans toute la France, en Italie, en Espagne, en Allemagne, et était encore en usage au XIᵉ siècle.

Robert Wace, dans son roman du ***Rou*** ou du ***Rollon***, dit que, pour annoncer l'instant où devait commencer la bataille d'Hastings, livrée aux Anglais le 14 octobre 1066, par Guillaume le Conquérant, le ménestrel Taillefer entonna, à la tête de l'armée normande, les chansons de Charlemagne, de Roland et d'Olivier. Quelques auteurs ont cru rencontrer des vestiges de celle de Roland dans nos annales et chez les habitants des Pyrénées; d'autres ont prétendu la reconnaître dans le chant de l'*Homme armé*, que beaucoup de compositeurs des XVᵉ et XVIᵉ siècles ont pris pour thème; ce sont vraisemblablement autant d'erreurs. Cette chanson a éprouvé le sort de celles de Charlemagne, d'Ogier, d'Olivier, de Roger et de plusieurs autres, qui, après avoir été longtemps populaires, ont fini par disparaître entièrement.

Depuis que les Romains avaient subjugué la Gaule, le latin était la langue du peuple. La langue romane ou vulgaire prit naissance sous Charlemagne, mais elle ne se forma que lentement, et il y a lieu de croire que jusqu'au temps où les trouvères ou poëtes français proprement dits commencèrent à la cultiver, toutes les chansons furent écrites en latin.

Les premières traces d'harmonie se font apercevoir au IXᵉ siècle. Nous avons dit que, dans l'origine, l'orgue accompagnait à l'unisson les chants d'église; mais lorsque l'habitude eut rendu cet instrument plus familier, on commença à ***organiser***, expression par laquelle on désignait une harmonie barbare procédant par suites de quintes, de quartes et d'octaves. Cette méthode, fort goûtée alors, fit d'assez rapides progrès. Dans le principe, elle était pratiquée avec l'orgue seulement; on l'appliqua bientôt aux voix. Dès le Xᵉ siècle, plusieurs ecclésiastiques s'étaient occupés d'en développer les règles. Hucbald, moine de Saint-Amand, et Odon, abbé de Cluny, tous deux élèves de Remi d'Auxerre, en ont parlé dans leur Traité de musique. On donna les noms de Diaphonie, de déchant ou double-chant (***discantus***), à cette espèce d'harmonie, qui précéda la science du contre-point. Limitée d'abord à deux parties, on l'étendit ensuite à trois, à quatre, etc. De là vinrent les mots triple, quadruple, et une foule d'autres termes si fréquemment employés aux XIIᵉ et XIIIᵉ siècles dans ce genre de composition.

Vers la fin du Xᵉ siècle, la notation s'était tellement compliquée, que dix années d'études suffisaient à peine pour acquérir la connaissance du chant ecclésiastique ou plain-chant, dont l'échelle, restreinte et imparfaite, servait également à la musique profane. Les ***neumes***, ou signes par lesquels on désignait les sons, et que l'on plaçait sur les paroles, avaient varié, non-seulement à diverses époques, mais encore selon les localités. On faisait aussi des lettres simples ou doubles, suivant le degré d'élévation des voix. Toutes ces différentes notations qui se trouvent dans les livres de chœur depuis le VIᵉ siècle jusqu'au XIᵉ siècle, rendent ces manuscrits excessivement difficiles à déchiffrer aujourd'hui.

Au commencement du XIᵉ siècle, c'est-à-dire vers l'année 1022, d'importantes découvertes furent faites en Italie par Gui d'Arezzo, en Toscane, où il était né, en 990. Ce moine ingénieux, auteur d'un traité intitulé ***Micrologue***, est, comme on sait, le

fondateur du système musical qui a porté l'art au degré de perfection où il est parvenu. Il substitua aux lettres employées pour nommer les sons les six syllabes *ut*, *ré*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, qui lui vinrent à la pensée en chantant la première strophe de l'hymne de saint Jean-Baptiste.

> UT queant laxis RESonare fibris
> MIra gestorum FAmuli tuorum..
> SOLve polluti LAbii reatum,
> Sancte Joannes.

Chacune de ces syllabes s'appliquait, dans l'air de cette hymne telle qu'on la chantait alors, au son correspondant de la gamme, mot dérivé de la lettre grecque appelée *gamma*, par laquelle Gui désigna une note grave qu'il ajouta, dit-on, à l'ancien système. La notation fut simplifiée. Des points posés sur des lignes de différentes couleurs, et entre les intervalles qui les séparent, indiquèrent les degrés de l'intonation. La durée de ces points ou notes ne différait qu'en raison des syllables longues ou brèves des paroles. Francesco de Cologne, et selon d'autres de Paris, scholastique de la cathédrale de Liége, en 1066, qui a écrit un traité ayant pour titre : *Ars cantus memorabilis*, leur donna des valeurs différentes. Dans la musique à plusieurs parties, les distances respectives des voix étaient marquées par ces points ; de là est venu le mot contre-point (c'est-à-dire point contre point, *punctum contra punctum*), par lequel on désigna l'art de combiner les sons entre eux.

L'invention et la distinction des clefs posées en tête des portées datent aussi du XIe siècle.

La gamme de Gui d'Arezzo ne fournissant, comme on vient de le voir, que six noms de notes pour solfier les sept sons de l'octave, on avait recours aux muances, opération consistant à changer le nom des notes selon l'ordre dans lequel elles étaient placées. L'usage incommode des muances ne fut abandonné qu'au XVIIe siècle, époque à laquelle la septième note de la gamme reçut le nom de *si*.

III. *Depuis le* XIIe *siècle jusqu'au* XVe *siècle.* —Au XIIe siècle, plusieurs usages singuliers s'étaient indroduits dans les églises. Nous citerons, par exemple, les *épîtres farcies*, que l'on chantait au milieu de la messe, particulièrement à la fête de saint Etienne et à celle de saint Blaise. On appelait ainsi un mélange de texte latin et d'une explication en langue vulgaire, souvent remplie de traits ridicules. La fête des Fous ou des Innocents, la fête de l'Ane, dont on peut lire la description dans le *Glossaire* de Du Cange, étaient le comble de l'extravagance. Ces jours-là, les scènes les plus scandaleuses se passaient pendant la célébration des saints mystères. Un âne était amené dans l'église; après lui avoir mis une chape sur le dos, le chœur entonnait devant lui un cantique appelé la prose de l'âne, dont chaque couplet se terminait par le refrain : *Hé ! sire âne, hé !* On voit, dans un manuscrit de l'église de Sens, où se trouve noté l'office des Fous tel qu'on le célébrait le jour de la Circoncision, une antienne qui devait être chantée faux par cinq chantres à grosse voix. Au lieu de dire l'*Ite missa est*, le prêtre officiant imitait par trois fois le braiment de l'âne. Eudes de Sully, évêque de Paris, eut beau publier, en 1198, une ordonnance contre ces abus, il ne put parvenir à les réformer. Dans les longues processions, tandis que le clergé se reposait, les jeune filles chantaient des chansons badines, dont les paroles étaient fort peu édifiantes.

Le goût des chansons badines, érotiques, bouffonnes et satiriques, était alors généralement répandu ; les prêtres eux-mêmes en composaient ; saint Bernard en écrivit dans sa jeunesse. Le célèbre et infortuné Abeilard, auquel on doit les paroles et la musique d'un grand nombre d'hymnes, et qui dirigea tous les chants religieux de l'abbaye du Paraclet, composa, au temps de ses premières liaisons avec Héloïse, des chansons érotiques dont le succès fut immense. On égayait les repas par des propos agréables, par des contes que chacun récitait à son tour, ou par des chansons dans lesquelles l'amour jouait le plus grand rôle. Ces couplets bachiques, enfantés par le plaisir et la gaieté, que Ronsard et Baïf mirent en faveur dans le XVIe siècle, n'étaient point encore en usage. Une chanson de table ou à boire d'Eustache Deschamps, contemporain de Charles VI, est peut être la première que l'on connaisse en ce genre.

La langue romane était formée. Elle devint uniquement la langue des trouvères et des ménestrels. On la désignait généralement sous le nom de langue d'Oïl. Les troubadours provençaux, qui florissaient déjà depuis plus d'un siècle, et à la tête desquels figure le comte de Poitou, célèbre sous le règne de Philippe Ier, se servaient d'une autre langue, appelée langue d'Oc, que l'on parlait dans le midi de la France. C'est à eux que le genre de la chanson dut son perfectionnement. Les trouvères, les ménestrels et les troubadours allaient de château en château, chantant l'amour, flattant les dames et les seigneurs, quelquefois répandant la satire. Encouragés par les bienfaits des princes et des grands, qui les attachaient à leur personne, leur nombre s'accrut considérablement. Les plus habiles d'entre eux se distinguaient dans ces assemblées poétiques et lyriques connues sous les noms de *jeux sous l'ormel*, de *puys* ou *cours d'amour*, etc. (1). Le double talent qu'ils possédaient comme poëtes et comme musiciens se nommait *gai-savoir*, en provençal, *gay-saber*.

La chanson la plus noble, la plus grave, et en même temps la plus usitée alors parmi les gens de qualité, était le *lay* (du mot latin *lassus*, plainte), que l'on peut considé-

(1) La première cour d'amour se tint à Aix; la seconde fut instituée à Avignon, et présidée par Fanette de Cantelme.

rer comme la véritable romance. C'était une espèce de fabliau mis en musique, composé de stances régulières et contenant le récit de quelque infortune amoureuse. Le lay se chantait avec accompagnement de harpe, de guiterne ou guitare, instrument d'origine espagnole et connu en France depuis le XIᵉ siècle. Les plus anciennes chansons en langue romane que nous ayons datent de la fin du XIIᵉ siècle ; elles sont de Gauthier de Coincy, de Chrétien de Troyes, d'Auboin de Zézanne, du châtelain de Coucy, etc. Dans le siècle suivant, beaucoup d'autres poëtes-musiciens, parmi lesquels on remarque Thibaut, comte de Champagne et roi de Navarre, Perrin d'Angecourt, Charles d'Anjou, frère de saint Louis, Gaces Brulez, Colin Muze, simple jongleur que son esprit éleva au grade d'académicien de Troyes et de Provins, en composèrent un grand nombre. Le savant docteur Burney (*A général History of Music*), et Laborde (*Essais sur la Musique*) ont donné la traduction en notes modernes de plusieurs de ces chansons. Elles se distinguent par un chant facile et agréable. Nos compositeurs modernes, particulièrement Grétry, en ont quelquefois reproduit les motifs. La plupart sont écrites pour une seule voix. Cependant on composait déjà à plusieurs parties. Le recueil des poésies du trouvère Adam de la Halle, surnommé le Bossu d'Arras, et l'un des plus habiles musiciens de son temps, contient des chansons et des motets à trois voix, savoir : *superius*, *tenor* et *bassus*.

Les instruments étaient employés pendant le service divin, mais on ne sait à quels moments. Saint Louis, en partant pour la croisade, s'était fait suivre de sa chapelle. Après sa captivité, ce roi se rendit à Nazareth, « et là, dit Nangis, dévotement il fit chanter la messe, et solennellement glorieuses vêpres et matines, et tout le service à chant et à déchant (à plusieurs parties), à ogres (orgues : il y en avait de portatives), et à tribles (instruments à cordes). »

Le rebec, la rubebbe, la vielle ou viole, étaient des espèces de violons dont se servaient habituellement les ménestrels ou ménestriers, que pour cette raison on nommait aussi vielleux. Les monuments du Xᵉ siècle, particulièrement les portails d'église, sont les plus anciens où sont représentés ces instruments à archet La rubebbe avait deux cordes, le rebec trois, la vielle cinq. Il ne faut pas confondre la vielle dont il s'agit avec l'instrument qu'aujourd'hui nous nommons ainsi ; celui-ci s'appelait *rote* dans l'ancien langage français. Sous Philippe le Bel, l'usage s'établit de jouer des farces où la musique était alternativement employée avec le dialogue parlé. Le *jeu de Robin et de Marion*, composé par Adam de La Halle, et représenté en 1285, à la cour du duc d'Anjou, roi de Naples, paraît avoir servi de modèle à ces sortes de pièces, qui peuvent être considérées comme l'origine du genre de l'opéra-comique.

Au XIVᵉ siècle, les règles du déchant étaient généralement appliquées. Vers 1330 Jean de Muris, chanoine et docteur de l'université de Paris, auteur d'un traité intitulé *Speculum musicæ*, les développa avec plus de méthode et de clarté qu'on ne l'avait fait avant lui. Jean de Muris et Philippe de Vitry, évêque de Meaux, qu'on dit être le même que *Philippus de Vitriaco*, dont on conserve au Vatican un ouvrage sur le contre-point (*Ars contrapuncti secundum Jeoannem de Vitriaco*, manus. Vat., 5321), contribuèrent à la formation du rhythme musical, par les améliorations qu'ils apportèrent dans la forme et dans la valeur des notes. Le manuscrit des poésies de Guillaume de Machault, qui contient un grand nombre de lays, virlays, ballades, rondeaux et motets, à une, deux, trois et quatre voix, ainsi qu'une messe à quatre parties, composée à l'occasion du sacre de Charles V, en 1364, est un monument curieux de l'art de cette époque.

Parmi les institutions de ce temps, nous citerons la compagnie *supergaye*, formée à Toulouse, en 1323, par sept des plus renommés troubadours de cette ville. Chaque année, au 1ᵉʳ mai, cette société poétique et lyrique distribuait des prix. Le premier qu'elle décerna fut une violette d'or, accordée, en 1324, au troubadour Arnauld Vidal, auteur d'une romance à la Vierge. Telle est l'origine des Jeux Floraux.

Il existait alors une troupe nombreuse composée de chanteurs, de joueurs d'instruments, de baladins et de faiseurs de tours, qu'on appelait le *ménestraudie*. Vers 1330, cette troupe, jusque-là errante et vagabonde, se choisit un chef, auquel elle conféra le titre de Roi des ménétriers, et forma, sous la dénomination de Confrérie de Saint-Julien-des-Ménétriers, une corporation dont les actes furent enregistrés au Châtelet, le 23 novembre 1331. En 1397, les musiciens s'étant séparés des baladins, se lièrent entre eux par de nouveaux règlements que sanctionna une ordonnance de Charles VI datée du 24 avril 1407. La qualification de joueurs d'instruments tant hauts que bas, donnée aux ménétriers par cette ordonnance, fait supposer que déjà les basses de viole étaient en usage. En 1658, Louis XIV confirma les statuts de Charles VI, et régla les droits et les émoluments attachés à la charge de roi des violons. Les deux Constantin, les Dumanois, dans le XVIIᵉ siècle, et Guignon, remarquable violoniste du siècle suivant, sont les titulaires les plus connus de cette singulière royauté. Ils voulurent, à plusieurs reprises, obliger tous les musiciens de France indistinctement à prendre la maîtrise et à leur payer un droit. Les organistes, les maîtres de clavecin, et même les compositeurs que cette mesure atteignait, refusèrent énergiquement de se soumettre à une juridiction qui les assimilait aux musiciens de l'ordre le plus inférieur ; ils plaidèrent et obtinrent du parlement des arrêts qui leur permirent d'exercer librement leur profession. Guignon, dernier roi des violons, comprit enfin

que sa monarchie, toute ridicule qu'elle était, entravait les progrès de l'art, et il se démit volontairement de sa charge en février 1773, et en demanda la suppression, afin de mettre un terme aux nombreuses contestations et aux procès dont elle était journellement la cause. Un édit du mois de mars suivant supprima l'office de roi et maître des ménétriers; mais la confrérie subsista encore jusqu'en 1789. Jamais corporation ne fut plus turbulente et plus tracassière.

IV. *Depuis le* xv*e siècle jusqu'à Louis XIV.* — Dans la première partie du xv*e* siècle, le déchant, dont on avait déjà banni toutes les suites de quartes, des quintes et d'octaves, se changea en une harmonie régulière entre les mains de Gilles Binchois et de Guillaume Dufay. Après eux vinrent Busnois, maître de chapelle de Charles le Téméraire, duc de Bourgogne; Régis, Barbingnant et Domart. Les motifs et les chansons à quatre parties qui nous restent de Busnois attestent le savoir de ce musicien. Louis XI avait pour maître de chapelle le célèbre Belge Okenheim. Jean Mouton, qui occupe une place distinguée dans notre ancienne école, remplit les mêmes fonctions auprès de Louis XII. On cite de lui un motet, composé en 1509 pour la naissance de la seconde fille du roi; un autre, écrit en 1514, sur la mort d'Anne de Bretagne, et des messes très-estimées dans ce temps. Antoine Brumel et le fameux Josquin-Desprez, contemporains de Jean Mouton, étaient tous deux disciples d'Okenheim. Brumel se distingua comme habile contrapontiste; mais, au dire de Gloréan, il avait plus de science que de génie. Josquin-Desprez, qui appartient à l'école flamande, jouissait d'une grande réputation à l'école de Louis XII, et y répandit le goût de son art. Il était du bon ton de chanter ses motets. Le roi regrettait de ne pouvoir en faire autant; sa voix était si faible et si peu flexible, qu'il n'avait jamais pu chanter un air sans détonner. Josquin lui procura le moyen de satisfaire son désir en composant exprès pour lui un canon à deux voix auxquelles il ajouta deux autres parties dont l'une n'avait qu'une seule note à soutenir. Ce fut celle-là que Louis eut la modestie de choisir, encore ne parvint-il à s'en acquitter qu'avec beaucoup de peine. Un livre très-curieux, le *Rosier des guerres*, cité par M. Castel-Blaze (*Chapelle-musique des rois de France*), nous apprend que nous devons à Louis XII le cantique *O salutaris hostia*. Ce prince le fit chanter dans toutes les églises du royaume, afin de contrebalancer le pouvoir spirituel du pape Jules II, lorsqu'en 1512, après la bataille de Ravenne, ce pontife se ligua contre la France avec l'empereur Maximilien et la république de Venise. A la chapelle du roi, ce cantique se terminait par *Da robur, serva lilium*. Dans certaines églises, on disait *In te confidit Francia, da pacem, serva lilium.*

Les écoles française et flamande eurent à cette époque une supériorité marquée sur l'école italienne, à laquelle elles avaient été inférieures dans le xiv*e* siècle. On exécutait dans la plupart des églises d'Italie les œuvres des musiciens dont nous venons de parler; mais il est à remarquer que tout le mérite d'un musicien consistait alors dans son habileté à combiner des sons selon les règles du contre-point. En effet, on ne trouve encore aucune trace de goût sous le rapport de la mélodie et de l'expression. Un même chant s'appliquait indistinctement à des compositions dont les paroles avaient un sens différent. L'usage s'introduisit même, parmi les compositeurs, de prendre pour thème obligé de leurs motets et de leurs messes les airs qui avaient le plus de popularité, et qu'ils décoraient de toutes les subtilités de l'art. Les premiers mots de ces chansons servaient de titre à leurs ouvrages de musique religieuse. Telles sont les messes : *Dites-moi toutes vos pensées*, de Jean Mouton; *A l'ombre d'un buissonnet*, de Brumel; *Amour me bat*, de Josquin; *Baisez-moi*, de Pipelare, etc.

Le génie, chose jusqu'alors inconnue en musique, commence à se montrer chez quelques compositeurs du temps de François Ier. Ce monarque, protecteur des arts et des lettres, était lui-même poëte et musicien. Il créa, outre sa musique de chapelle, dirigée par Auraut et par Claude de Servizy, une musique de sa chambre, qui en 1515 le suivit en Italie. La fameuse victoire qu'il remporta à Marignan fournit à Clément Jannequin, l'un des plus remarquables musiciens de cette époque, le sujet d'un morceau très-original, intitulé *la Bataille ou défaite des Suisses à Marignan*. On trouve dans ce morceau, écrit pour quatre voix, tous les termes militaires usités dans un combat, et l'imitation du bruit du canon, du cliquetis des armes et des instruments de guerre. Clément Jannequin publia, en 1554, un recueil de ses ouvrages sous le titre d'*Inventions musicales à quatre et cinq parties*. La musique avait acquis le rhythme qui lui manquait; le caractère de nationalité et l'élégance des mélodies françaises les mirent à la mode dans toute l'Europe. Les chansons et les romances de Le Hurteur, Lupi, Noé, Faignent, Vermont, Consilium, jouissaient d'une grande faveur : les Italiens eux-mêmes imitaient ce genre de composition, qu'ils désignaient sous le titre de *canzonette alla francese*. Les recueils publiés vers le milieu du xvi*e* siècle par Pierre Attaignant, Nicolas Duchemin, Adrien Leroy et les Ballard, premiers imprimeurs de musique en France, contiennent les œuvres d'un grand nombre de musiciens de ce temps, parmi lesquels on remarque Certon, maître des enfants de chœur de la Sainte-Chapelle, Hesdin, Mornable, Manchicourt, l'Héritier et Philibert Jambe de Fer.

Le poëte Marot présenta à François Ier, en 1536, trente psaumes qu'il avait traduits en vers français. Ils eurent un immense succès à la cour, où chacun les chantait sur des airs qui couraient la ville et dont les paroles primitives étaient souvent fort lestes. Plus tard, Théodore de Bèze acheva la traduction

des psaumes ; d'habiles musiciens, tels que Goudimel, Rolland de Lassus, Philibert Jambe de Fer, Claude le Jeune, mirent ces prières en musique à trois et à quatre parties. Les nombreux prosélytes que faisait alors la religion réformée adoptèrent ce nouveau mode de chant ; mais les catholiques continuèrent d'approprier les airs populaires à leurs cantiques, que, pour cette raison, on nommait ***chansons spirituelles*** : c'est ainsi qu'étaient appelés les motets de Ronsard, de Baïf et de quelques autres poëtes de l'époque : telle fut l'origine des ***noëls***. La plupart de nos vieux airs français appartenaient à ces chansons pieuses, dont le sujet n'était pas toujours relatif à la nativité de Jésus-Christ, bien que les plus curieuses soient celles où il est question de l'adoration des bergers, auxquels on faisait prendre le langage des paysans des diverses provinces de France. Les premiers noëls furent composés et imprimés sous le règne de Henri II et de ses fils.

Claude Goudimel, dont nous venons de parler, occupe la première place parmi les compositeurs du temps de Charles IX ; ses ouvrages se distinguent par le savoir et l'invention. Il avait été à Rome, où Palestrina, qui devait bientôt faire la gloire de l'Italie, devint son élève. Revenu en France, il se fit protestant, et fut massacré à Lyon, en 1572, lors de la Saint-Barthélemy. Après Goudimel, Claude le Jeune, surnommé Claudin, se fit remarquer par la facilité de ses compositions. Il était en grande faveur à la cour de Henri III. Charles IX et Henri III, que Brantôme nous dépeint comme de grands amateurs de musique, cultivaient même cet art. On connaît du premier de ces rois une assez jolie chanson qu'il écrivit pour Marie Touchet, sa maîtresse. Le second en composa une dont l'air ne manque pas de naturel. Tous deux assistaient aux concerts donnés par le poëte Baïf dans son habitation du faubourg Saint-Marcel, où se réunissaient les beaux esprits.

En fait de représentations théâtrales, on ne connaissait encore que des pièces, ou pour mieux dire, des scènes burlesques dans lesquelles la musique n'entrait que comme intermède : telles étaient celles que jouait, en 1577, à l'hôtel du Petit-Bourbon, la première troupe de comédiens italiens qui parut en France, et qu'on appelait ***J. Gelosi***. On payait quatre sous d'entrée par personne à ce spectacle. En 1581, une espèce de drame musical, dans lequel figurèrent les personnages les plus marquants de la cour, fut représenté au Louvre à l'occasion du mariage du duc de Joyeuse, favori de Henri III, avec mademoiselle de Vaudémont, belle-sœur du roi. Baltazarini, musicien piémontais, envoyé par le maréchal de Brissac à Catherine de Médicis, et que cette princesse nomma surintendant de sa musique, fut chargé d'organiser cette fête : il traça le plan de la pièce ; Beaulieu et Salmon, musiciens de la chambre du roi, composèrent la plupart des chants et des airs de danse. Cette pièce produisit un effet merveilleux sur les spectateurs, et reçut le nom de ***Ballet comique de la Royne***. Bien que ce premier essai de musique dramatique, où l'on trouve le germe de l'opéra, ait dû mettre sur la voie de ce genre de spectacle, on verra que près d'un siècle devait cependant s'écouler avant que l'opéra n'eût d'existence réelle en France. Les Italiens nous devancèrent. Déjà, en 1597, un premier opéra, proprement dit, la ***Dafne***, du poëte Rinuccini, musique de Peri, avait été représenté à Florence.

Nous dirons quelques mots des danses alors en usage. Les pavannes, les branles, les bourrées, les gigues, les passepieds, les allemandes, les gayliardes, les sarabandes, les courantes, etc., étaient des danses de différentes espèces dont les airs avaient un caractère particulier. Les unes, telles que les branles et les pavannes, étaient graves et se nommaient basses danses, parce qu'on marchait plutôt qu'on ne dansait ; celles-ci étaient les plus anciennes. Les autres, vives et légères, furent introduites à la cour par Catherine de Médicis, qui, pour les faire adopter plus facilement, détermina les demoiselles de sa suite à raccourcir leurs robes. Marguerite de Valois, sa fille, avait de fort belles jambes ; elle outra la mode des jupons courts, et sauta de manière à scandaliser les vieilles dames. Bien que passés de mode, les branles de Poitou restèrent longtemps célèbres. L'***Orchésographie***, publiée d'abord en 1590, et ensuite en 1596 à Langres, offre une curieuse collection d'airs originaux notés, qui, après avoir servi à faire danser, ont été en grande partie convertis en chansons : beaucoup de ces anciens airs se sont conservés, par tradition, dans les provinces de France : on les retrouve particulièrement en Provence, en Bretagne, en Auvergne, en Bourgogne. L'air si connu de la chanson de Malborough paraît remonter à ce temps.

Les progrès que faisait la musique furent arrêtés par les discordes civiles et religieuses qui désolèrent la France. Deux conditions essentielles au développement de cet art, le repos et le luxe, venant à lui manquer, il tomba en décadence, pour ne reprendre un nouvel essor que sous le règne magnifique de Louis XIV. Plusieurs musiciens jouirent cependant d'une grande célébrité à la fin du XVI[e] siècle et dans la première partie du siècle suivant ; l'un d'eux, Eustache Du Caurroy, maître de chapelle de Henri IV, et qu'on appela le prince des musiciens, a composé la plupart des noëls que l'on chantait alors. Il reste de lui une messe des morts dont on a souvent fait un éloge beaucoup trop exagéré. Du Caurroy est présumé l'auteur de notre air national ***Vive Henri IV*** et de celui de ***Charmante Gabrielle***. Ce dernier air appartenait originairement à un noël : on l'a faussement attribué à Henri IV ; mais on croit que ce prince, qui a écrit les paroles de la délicieuse romance ***Viens, Aurore, je t'implore***, etc., en a fait aussi la musique.

Jacques Mauduit partagea la réputation de Du Caurroy. Le premier ouvrage par lequel il se fit connaître fut une messe de *requiem*, qu'il composa, en 1585, pour le service funèbre de son ami Ronsard : elle fut exécutée plus tard aux funérailles de Henri IV, et ensuite aux siennes; en 1627, sous la direction de son fils, Louis Mauduit. Le P. Mersenne, minime de la Place-Royale à Paris, vante cette messe, qu'il a insérée dans son *Harmonie universelle*, imprimée en 1636, et qualifie Jacques Mauduit de père de la musique, titre pompeux que l'œuvre de ce compositeur ne justifie point.

Le luth, le théabe, la basse de viole, la viole, le violon et le clavecin étaient les instruments dont on se servait le plus habituellement. Deux Ecossais, Jacques et Charles Edington, que Henri IV avait attachés à sa personne, se distinguèrent par leur habileté à jouer du luth, instrument alors le plus à la mode, et sur lequel excellaient aussi Jacques Mauduit et Julien Perrichon. Vers le XV° siècle, la viole avait été réduite à de plus petites proportions, pour en former le violon, que l'on borna à quatre cordes. Une des preuves de l'origine française de cet instrument se trouve dans les partitions italiennes de la fin du XVI° siècle : les violons y sont désignés sous le titre de petits violons à la française, *picolini violini alla francese*. A cette dernière époque parurent en France, en Italie et en Allemagne, de célèbres luthiers, tels que les Amati, les Stradivari, les Guarneri, les Steiner et plusieurs autres encore, dont les violons, maintenant aussi rares qu'estimés, se vendent jusqu'à 6,000 fr.

La bande des vingt-quatre violons du roi, dont nous aurons occasion de parler, existait déjà sous Henri IV; elle formait un orchestre particulièrement destiné aux bals et divertissements de la cour; mais les musiciens privilégiés qui en faisaient partie étaient fort ignorants; la plupart savaient à peine lire la musique et étaient obligés d'apprendre par cœur les morceaux qu'ils exécutaient.

Une multitude de signes introduits dans la notation pendant les XV° et XVI° siècles rendaient la lecture et l'étude de la musique fort difficiles. Ce ne fut que sous le règne de Louis XIII que la notation commença à prendre la forme que nous lui voyons aujourd'hui. On trouve dans l'*Harmonie universelle* du P. Mersenne des détails très-intéressants sur l'état de l'art à cette époque. Nous renverrons à cet ouvrage le lecteur curieux de connaître les dessins et la manière de se servir des divers instruments alors en usage. Le P. Mersenne est le premier auteur français auquel on doive un système, sinon complet, du moins fort ingénieux, sur l'harmonie et la composition. Après lui vint le jésuite Varrau, dont on a un Traité sur la musique théorique et pratique, imprimé à Paris en 1646, dix ans avant celui publié par La Voye-Mignot. Vers le même temps, c'est-à-dire en 1645, parut l'*Histoire ecclésiastique de la cour*, ou les *Antiquités et recherches de la chapelle ou oratoire du roy de France*, par Guillaume Du Peyrat, qui avait été aumônier de Henri IV.

Louis XIII était bon musicien et composait même à plusieurs parties; les airs qui nous restent de lui sont d'un style assez agréable. Le compositeur de musique d'église le plus connu de ce temps est Arthur-aux-Cousteaux. Boesset, habile joueur de luth et surintendant de la musique du roi, fut le musicien favori de la cour; il composa un nombre considérable de chansons à boire et de romances qu'on appelait *airs de cour*. Michel Lambert, qui plus tard maria sa fille à Lulli, était alors le maître de chant à la mode. Parmi les instrumentistes, on cite les luthistes Gauthier, Hémon, Blancocher, L'Enclos, père de la célèbre Ninon; les violonistes Hottman, Laridelle, et Beauchamp, violoniste de la chambre du roi. Plusieurs artistes s'étaient acquis une grande réputation par leur habileté sur l'orgue et sur le clavecin, instruments qui furent cultivés avec le plus de succès dans la première moitié du XVII° siècle; ces artistes sont : Monard, Richard, Thomas et Jacques Champion, surpassés par leur fils et leur petit-fils Champion de Chambonnières, et les trois frères Louis, François et Charles Coupérin, chefs d'une famille de musiciens dans laquelle le talent fut héréditaire pendant deux cents ans.

Richelieu, fondateur de l'Academie française, s'était fait le protecteur des poëtes et des littérateurs, qui l'encensaient dans leurs écrits. Ce ministre n'avait point d'éloges à attendre des musiciens; aussi les laissa-t-il dans l'abandon le plus complet. Son successeur, le cardinal Mazarin, contribua, comme on va le voir, à l'établissement de l'opéra en France.

V. *Depuis Louis XIV jusqu'à Louis XV*. — Aucune tentative de musique dramatique n'avait été renouvelée depuis le *Ballet comique de la royne*, représenté à la cour de Henri III, lorsqu'en 1645 le cardinal Mazarin, voulant montrer aux Français l'opéra tel qu'on l'exécutait dans sa patrie, fit venir à grands frais, d'Italie, une troupe de chanteurs. Le ministre, dont la fortune commençait, trouvait ainsi le moyen, tout en satisfaisant son goût pour la musique, de flatter celui d'Anne d'Autriche pour les spectacles. Cette princesse les aimait à tel point, que, même pendant le deuil du roi son époux, elle y assistait cachée derrière une de ses dames. La troupe italienne s'installa sur le théâtre de l'hôtel du Petit-Bourbon, près le Louvre, et y représenta la *Festo teatrale della finta Pazza*, opéra dans le genre bouffe, de Giulio Strozzi. En 1647, de nouveaux chanteurs donnèrent sur le même tréâtre l'*Orfeo e Euridice*, de Monteverde. Plus tard, aux fêtes du mariage de Louis XIV, en 1660, une troisième troupe, également appelée à Paris par Mazarin, joua au Louvre *Ercole amante*, drame lyrique en cinq actes, dont on donna une traduction en vers français

en faveur des personnes qui n'entendaient pas l'italien.

Accueillis d'abord avec froideur, les ouvrages que nous venons de citer avaient fini par plaire au public. L'abbé Perrin, poëte assez médiocre et maître des cérémonies de Gaston, duc d'Orléans, conçut l'idée de les imiter en français. Après s'être essayé par de petits airs, des récits, des dialogues, il se hazarda à écrire une pastorale en cinq actes, dont Cambert, organiste de l'église Saint-Honoré et musicien de la reine-mère, composa la musique. Le brillant succès qui couronna cette œuvre, représentée à Issy, en 1659, encouragea les auteurs. Perrin sollicita et obtint, le 28 juin 1669, des lettres patentes portant « permission d'établir dans la ville de Paris et autres du royaume des académies de musique, pour chanter en public des pièces de théâtre... Tout gentilhomme et demoiselle pouvaient y chanter sans déroger. » Perrin, Cambert et le marquis de Sourdeuc, doué d'une grande imagination comme machiniste, se constituèrent en société et construisirent une salle de spectacle dans le jeu de paume de la Bouteille, situé rue Mazarine, en face celle Guénégaud. Ils ouvrirent leur théâtre au mois de mars 1671, par l'opéra de *Pomone*, que l'on peut considérer comme le premier opéra français. Cette pièce, représentée et applaudie pendant huit mois, fut suivie d'une autre pastorale, les *Peines et les plaisirs de l'Amour*, musique de Cambert, paroles de Gilbert, secrétaire des commandements de la reine Christine. La division ne tarda pas cependant à se mettre parmi les associés. Lulli, devenu surintendant de la musique du roi, profita de cette mésintelligence et du crédit de madame de Montespan pour leur enlever leur privilége. — De nouvelles lettres patentes, datées du 29 mars 1672, l'autorisèrent à établir l'Academie royale de musique, et révoquèrent en même temps le privilége accordé à Perrin.

Ce fut alors que, s'emparant du sceptre de la musique dramatique, Lulli releva l'art de sa décadence et lui donna une supériorité marquée sur les autres nations. Des circonstances singulières décidèrent de la fortune de cet homme célèbre. Fils d'un meunier des environs de Florence, un cordelier lui donna les premières notions de musique. Il était à peine âgé de treize ans, lorsque le chevalier de Guise, voyageant en Italie, l'amena à Paris et le recommanda à Mademoiselle. Cette princesse le prit à son service et le plaça parmi les officiers de sa cuisine. Confondu avec les cuisiniers et les marmitons, le jeune Lulli, qui jouait fort bien du violon, amusait ses camarades et se désennuyait lui-même avec son instrument. Le hasard fit qu'un jour Mademoiselle l'entendit. Frappée des heureuses dispositions qu'il annonçait, elle lui donna des maîtres de clavecin et de composition, qu'il surpassa bientôt. Tout le monde parlait de Lulli. Louis XIV voulut l'entendre jouer du violon : il fut si satisfait de son talent, qu'il lui donna l'inspection de sa musique. L'inhabileté des vingt-quatre grands violons du roi, qui pouvaient à peine exécuter leurs parties, avait nécessité la création d'une nouvelle troupe de musiciens qu'on appela la bande des seize, ou les petits violons. Ces artistes, formés par Lulli, firent le service de la chapelle et de la chambre de Louis XIV. Quant aux vingt-quatre grands violons, ils conservèrent leur charge qu'ils tenaient d'ancienne date ; mais leurs fonctions se bornèrent à jouer des airs, des menuets et des rigaudons le jour de la fête du roi. Un musicien nommé Philidor, attaché au service de Louis XIV, fut chargé par ce prince de former un recueil des morceaux que l'ancienne bande avait exécutés, sous les règnes précédents, dans les occasions solennelles. Cette curieuse collection est parvenue jusqu'à nous.

Avant l'établissement de l'opéra, on donnait tous les ans à la cour de grands spectacles qu'on appelait *ballets*. Lulli commença par écrire quelques airs pour ces ballets et pour les divertissements des comédies de Molière. Sa musique plut tellement au roi, que bientôt il ne voulut plus en entendre d'autres. Lorsque Lulli obtint le privilége de l'opéra, il ne trouva point de chanteurs, de choristes et de musiciens d'orchestre capables d'exécuter ses ouvrages : tout lui manquait jusqu'aux danseurs. Son intelligence, sa prodigieuse activité, pourvurent à tout. Tour à tour maître de chant, chef d'orchestre, chorégraphe, il forma lui-même en peu de temps les sujets qui lui étaient nécessaires, et fut en mesure d'inaugurer, par *les fêtes de l'Amour et de Bacchus*, la nouvelle salle de spectacle qu'il venait de faire construire par Vigarini, dans le jeu de paume du Bel-Air, rue de Vaugirard, près le Luxembourg, afin de n'avoir plus rien à démêler avec Perrin et ses associés. L'opéra fut joué dans cette salle jusqu'en 1673, époque à laquelle Molière étant mort, le roi donna le théâtre du Palais-Royal, qu'occupait auparavant la troupe du célèbre comique, à l'Académie royale de musique.

Lulli avait fait avec Quinault, dont il eut l'art de découvrir le talent, un traité par lequel ce poëte s'engageait à lui fournir chaque année un opéra moyennant 4000 livres. Quinault esquissait plusieurs plans, les portait à Louis XIV, qui en choisissait un; Lulli indiquait à sa fantaisie les divertissements et les airs ; l'Académie des belles-lettres, d'après l'ordre du roi, examinait ensuite les scènes. Le résultat de cette association fut premièrement, *les Fêtes de l'Amour et de Bacchus*, pastorale représentée en 1672; ensuite *Cadmus*, *Alceste*, *Thésée*, *Alys*, *Isis*, *Proserpine*, *Persée*, *Phaéton*, *Amadis*, *Roland*, et enfin, en 1686, *Armide*, qui fut le chef-d'œuvre de ces auteurs. Lulli écrivit ensuite les partitions de *Psyché* et de *Bellerophon*, de Corneille ; d'*Acis et Galathée*, de Campistron; plusieurs pastorales, vingt-cinq ballets et beaucoup de musique instrumentale. C'est sur le motif d'une invocation en

chœur de Lulli, qu'on chante en Angleterre le fameux hymne national. *God save the king.* — Les Anglais n'acceptent pas, comme on doit bien le penser, l'origine française de cet air, qui, disent-ils, est d'un de leurs compatriotes, le docteur John Bull, musicien contemporain de Lulli, et qui porte un nom singulier pour un Anglais. On a aussi attribué le même air à Hauder.

La musique de Lulli ne manquait ni de grâce, ni de naturel, mais c'est particulièrement dans le récitatif que ce compositeur se fait remarquer. Les instruments qui entraient dans la composition de son orchestre étaient les violons, les violes de différentes grandeurs, les basses de viole, les doubles basses de viole. Cependant on rencontre quelquefois dans divers endroits de ses partitions l'indication de flûtes, de hautbois, de bassons, de trombes. Le violoncelle n'était pas encore en usage; il ne fut introduit dans l'orchestre de l'opéra que peu de temps avant la mort de Lulli, en 1687, par un musicien de Florence nommé Battistini. La flûte qu'on employait alors était à bec, comme le flageolet, et non la flûte traversière, qu'on n'adopta que vers 1710. Le hautbois est le plus ancien des instruments à anche; les ménétriers s'en servaient déjà au XVIe siècle. Le basson avait été inventé, en 1639, par un moine italien nommé Afranio. Quant à l'instrument appelé trombe, ce n'était autre chose que le cornet à bouquin, espèce de cor ayant la forme d'une corne, percé de sept trous et se jouant avec une embouchure semblable à celle de la trompette. C'est à la fin de ce siècle qu'on apprit à tourner les cors circulairement; ils ne servirent d'abord que pour la chasse.

Lulli ne laissa après lui que des imitateurs. On admirait tellement son talent, que jusqu'à Ramon, c'est-à-dire jusqu'en 1733, seconde époque de la musique dramatique en France, personne n'osa prétendre à dépasser les bornes qu'il avait posées. Les compositeurs qui remplirent cet intervalle sont plus connus par leur nom que par leurs ouvrages. Les principaux sont : Colasse, élève de Lulli, qui termina l'opéra d'*Achille et Polyxène*, dont son maître n'avait écrit que le premier acte; Charpentier, Desmarets, Campra, Costi et Destouches; puis, après eux, Bertin, Mouret, Montéclair, Rébel, Francœur, Blamont et Brissac.

Parmi les compositeurs de musique d'église du temps de Louis XIV, on remarquait Dumont et Robert. Ce dernier introduisit, par ordre du roi, les accompagnements de violon dans les motets chantés à la chapelle de Versailles. Lulli donna ensuite plus d'importance à la partie instrumentale de ces motets. Après Dumont et Robert, Lalande, surintendant de la musique du roi, auteur du fameux ballet des *Éléments*, mais qui écrivit peu pour le théâtre, se fit une immense réputation dans le genre sacré. On distinguait aussi Brossard, connu par ses ouvrages de théorie; Nivers, organiste à Saint-Sulpice; Bernier, maître de la Sainte-Chapelle. Bernier fut professeur de composition du duc d'Orléans, depuis régent, qui écrivit la musique d'un opéra intitulé *Panthée*.

La musique instrumentale avait fait quelques progrès. Les trois Bournonville, Dumont, Le Bègue, Michel, Tommelin, l'abbé de la Barre, François Couperin, surnommé le Grand à cause de sa supériorité sur les autres artistes de sa famille, et après lui Marchand, étaient célèbres comme organistes. François Couperin, Buret, d'Anglebert, possédaient sur le clavecin, comme Marais et Fourquerey sur la viole, un talent qui leur méritait les applaudissements. L'école du violon commençait à se former sous les doigts habiles de Leclair et de Senaillé. Louis XIV avait cru pouvoir former plus facilement des chanteurs, en accordant à ceux qui étaient nobles le privilége de paraître, sans déroger, sur la scène de l'Opéra; il allait même jusqu'à dire, lorsqu'il donnait des fêtes sur l'eau et que le concert était sur le point de commencer : « Je permets à mes musiciens de se couvrir, mais seulement à mes chanteurs, » probablement pour qu'ils ne s'enrhumassent point. Malgré tous ces beaux priviléges et la grande réputation de Camus, de Dambray et de Bacilly, l'art du chant était ignoré et le fut encore longtemps.

Tel était l'état de la musique en France au commencement du XVIIIe siècle.

VI. *Depuis Louis XV jusqu'au commencement de la révolution de* 1789. — L'art resta pour ainsi dire stationnaire sous la régence, dans les premières années du règne de Louis XV. Cependant le goût de la musique se répandait de plus en plus. Comme il n'y avait pas de représentation à l'Opéra tous les jours de grandes fêtes, un musicien de la chapelle et de la chambre du roi, Philidor (Anne Danican), parent du célèbre compositeur et joueur d'échecs dont il sera parlé plus loin, conçut le projet de remplacer ces représentations par des concerts spirituels, qu'il obtint le privilége d'établir au château des Tuileries, où ils eurent lieu jusqu'en 1791. Le premier concert fut donné le premier dimanche de la Passion, 18 mars 1725, en présence d'un nombreux auditoire. Il commença à six heures du soir et finit à huit. On y exécuta une suite d'airs de violon de Lalande, un *caprice* du même auteur, son *Confitebor*, un concerto de Corelli, intitulé la *Nuit de Noël* et le *Cantate Domino* de Lalande. L'assemblée se sépara dans le ravissement de ce qu'elle venait d'entendre. Ces concerts furent bientôt en grande faveur; ils attiraient à Paris, dans la quinzaine de Pâques, une foule d'étrangers et les personnes les plus distinguées de la province. Tout artiste de quelque mérite aspirait à s'y faire entendre; s'il obtenait les applaudissements du public, sa réputation était faite.

Les imitateurs de Lulli occupaient la scène lyrique; mais aucun homme de génie ne paraissait. Rameau, habile organiste, connu par plusieurs pièces pour le clavecin, et par

des ouvrages de théorie, dans lesquels il développait son système de la basse fondamentale, cherchait depuis longtemps un poëme d'opéra. Pellegrin lui confia celui d'*Hippolyte et Aricie*, qui ne fut représenté qu'en 1733. Rameau avait alors 50 ans; son début au théâtre annonçait une révolution dans l'art; il excita une grande fermentation dans les esprits. Les admirateurs de la musique de Lulli jetèrent feu et flamme contre l'audacieux compositeur qui se frayait une route nouvelle. Celui-ci, chaleureusement soutenu par ses partisans et par ses amis, ne se laissa point abattre. Après plusieurs autres opéras, dont le succès avait été contesté, la reprise de *Castor et Pollux* entraîna tous les suffrages. Rameau triompha de ses adversaires, qui eux-mêmes finirent par lui rendre justice. Ses chants avaient généralement moins de grâce, ses récitatifs moins de naturel que ceux de Lulli; mais rien n'approchait de la vigueur de ses chœurs et de l'énergie de son orchestre; ses airs de danse avaient plus de variété, ses accompagnements plus d'intérêt, enfin sa musique indiquait un progrès. Vingt-deux opéras, écrits dans l'espace de 27 ans, c'est-à-dire depuis 1733 jusqu'en 1760, attestent la fécondité de cet homme de génie, non moins célèbre comme théoricien que comme compositeur; *Hippolyte et Aricie*, *Dardanus*, *Zoroastre* et surtout *Castor et Pollux*, sont les plus remarquables de ses opéras.

Rameau eut pour contemporains et pour successeurs, Mondonville, de 1742 à 1758; Berton, de 1755 à 1775; d'Auvergne, de 1752 à 1773 et Tréal, de 1765 à 1771. Ces compositeurs de musique dramatique, et quelques autres moins connus, furent les derniers de l'ancienne école purement française.

Pendant la période que nous venons de décrire, nos orchestres s'étaient augmentés de plusieurs instruments nouveaux. Les contre-basses construites en Italie, au commencement du XVIII siècle, dans le but de remplacer les doubles basses de violes, dont les sons étaient sourds et sans énergie, n'avaient été adoptées en France qu'avec beaucoup de difficulté. En 1757, il n'y avait encore qu'une seule contre-basse à l'Opéra; on ne s'en servait que le vendredi, jour de réunion de la bonne compagnie. A la même époque, le cor de chasse qui, perfectionné depuis, est devenu le cor d'harmonie, fut introduit dans l'orchestre de ce théâtre. On commença aussi à faire usage de la clarinette, instrument inventé en 1690, par Denner, luthier de Nuremberg.

Dans le temps où Rameau brillait de tout son éclat, en 1752, une troupe d'opéra-bouffe, composée de trois ou quatre médiocres chanteurs italiens, vint à Paris, et fit entendre sur le théâtre de l'Académie royale de musique, à côté des grands et bruyants ouvrages qu'on y exécutait, la *Serva padrona* de Pergolèse, et d'autres partitions d'intermède, dont les mélodies gracieuses, élégantes, spirituelles, soutenues par un instrumentation bien appropriée, excitèrent l'admiration des gens de goût. Les bouffons eurent un succès prodigieux. Quelques amateurs enthousiastes, parmi lesquels on remarquait Diderot et le baron de Grimm, prirent fait et cause pour la musique italienne. J.-J. Rousseau se mit à leur tête. Sa fameuse lettre sur la musique française fut le signal d'une guerre d'opinion qui fit éclore un nombre considérable de brochures. Au parterre de l'Opéra, le public se partagea en deux camps rangés, l'un d'un côté de la loge du roi, l'autre du côté de celle de la reine. Le coin du roi se composait des défenseurs de la musique française; les admirateurs de la musique italienne formaient le coin de la reine. Les deux partis s'injuriaient; peu s'en fallut qu'ils n'en vinssent aux mains. Compositeurs eux-mêmes, les directeurs de l'Académie royale, blessés dans leur amour-propre, ne purent contenir leur haine contre J.-J. Rousseau; ils lui retirèrent ses entrées à vie qu'il avait exigées seulement pour prix de son opéra du *Devin du village*, œuvre pleine de grâce naïve et de sensibilité ingénieuse, dont les représentations avaient produit un argent immense. L'intérêt du théâtre qu'ils administraient fut sacrifié à leur intérêt personnel, compromis par la présence des bouffons, et, en 1754, ces chanteurs furent renvoyés. — La marquise de Pompadour ne contribua pas peu d'ailleurs à leur expulsion; elle s'était ouvertement prononcée contre eux en faveur de la musique française. Quoique bonne musicienne, douée d'une belle voix et de beaucoup de goût, la favorite de Louis XV avait une telle antipathie pour la musique italienne, qu'elle ne voulut jamais permettre l'introduction d'un air italien sur le théâtre particulier qu'elle avait fait construire, en 1746, dans les petits appartements de Versailles, où pour chasser l'ennui qui dévorait le cœur de son royal amant, elle faisait représenter en petit comité des opéras dans lesquels elle remplissait les principaux rôles.

Le Grand-Opéra conserva donc ses anciennes allures; mais l'impression qu'avaient produite des formes mélodiques plus pures et plus naturelles que celles auxquelles on était accoutumé, amena une révolution de goût dont les effets salutaires ne tardèrent pas, comme on va le voir, à se faire sentir. Depuis les Gelosi, d'autres troupes de comédiens italiens, jouant des farces mêlées de musique et de danses, avaient paru à diverses époques. Paris possédait alors une de ces troupes, qui avait été autorisée à prendre le titre de *comédiens ordinaires du roi*. Il existait, en outre depuis longtemps, aux foires Saint-Germain et Saint-Laurent, un spectacle appelé Opéra-Comique, où l'on représentait de petites comédies, dans les scènes desquelles étaient intercalés des couplets chantés sur des airs nouveaux. Ce spectacle, persécuté dès son origine, attirait la foule. On hasarda d'y donner des pièces avec de la musique nouvelle. Déjà, en 1753, les *Troqueurs*, paroles de Vadé, musique de d'Au-

vergne, avaient été représentés; cette pièce, dans laquelle le compositeur, tout en imitant la manière des intermèdes italiens, conservait les formes françaises, eut un succès presque aussi heureux que celui du *Devin du village*. Après le départ des bouffons, on s'empressa de traduire la *Serva padrona* et d'autres de leurs meilleurs ouvrages. La Comédie-Italienne et l'Opéra-Comique vécurent de ces traductions jusqu'en 1757, époque à laquelle Duni, compatriote de Pergolèse, vint à Paris, s'y fixa, et écrivit pour la scène française le *Peintre amoureux*, dont la musique, simple et naturelle, fut fort goûtée. Les principales productions de ce compositeur sont, avec celle que nous venons de citer : *l'Ile des fous*, *Mazet*, *le Milican* (1763), *les Chasseurs et la laitière*, *la Fée Urgèle* (1765), *la Clochette*, *les Moissonneurs et les Sabots*.

Aux premiers essais de Duni succédèrent les opéras de Philidor (André) et de Monsigny. Ces deux célèbres musiciens débutèrent, en 1759, dans la carrière dramatique; le premier par *Blaise le savetier;* le second, par *les Aveux indiscrets*. Monsigny, doué d'une imagination fertile en mélodies pleines de sensibilité, de grâce et de goût, assura sa réputation en donnant ensuite *le Maître en droit*, *le Cadi dupé*, *On ne s'avise jamais de tout*, *le Roi et le Fermier* (1762), *Rose et Colas* (1764), *le Déserteur* (1769), *la Belle Arsène* et *Felix* (1777). Philidor ne répandit point autant de charmes dans ses chants; mais supérieur à son rival comme harmoniste, il se distingua par la pureté de son style dans *Blaise le savetier*, *le Soldat magicien* (1760), *le Maréchal*, *Sancho Pança*, *le Bûcheron*, *Tom Jones* (1767), et les *Femmes vengées*. Duni, Philidor et Monsigny jouissaient à eux seuls de la faveur du public, lorsqu'en 1768, Grétry né avec l'inspiration des chants les plus heureux, les plus spirituels et les mieux appropriés aux situations, fit représenter le *Huron*, son premier opéra. Cinquante autres ouvrages presque tous couronnés d'un éclatant succès fondèrent la gloire de ce compositeur, qui, pendant près de trente ans, occupa la scène lyrique. Les plus remarquables sont, à l'Opéra-Comique : *Sylvain*, *le Tableau parlant* (1769), *Zémire et Azor* (1771), *l'Ami de la maison* (1772), *la Rosière de Salency* (1774), *la Fausse magie* (1775), *l'Amant jaloux* (1778), *l'Epreuve villageoise*, *Richard Cœur de Lion* (1785); au Grand-Opéra : *Colinette à la cour* (1782), *la Caravane* (1783), *Panurge* (1785), et *Anacréon chez Polycrate* (1797).

Dès que l'Opéra-Comique fut établi, les spectacles de ce genre se multiplièrent en France. Auparavant il n'existait de théâtre que dans deux ou trois grandes villes du royaume; la représentation des grands drames lyriques exigeait des frais trop onéreux pour les villes d'un ordre secondaire. Les pièces du nouveau répertoire n'offrant point le même inconvénient, furent accueillies avec empressement par la province, où elles répandirent le goût de la musique.

Tandis que les progrès de l'art se manifestaient par l'Opéra-Comique, l'Académie royale de musique croyait de sa dignité de conserver dans toute leur intégrité les vieilles traditions de l'école de Lulli et de Rameau. Philidor, en écrivant, en 1767, pour ce théâtre, son opéra d'*Ermelinde*, avait inutilement tenté une réforme de style. Les efforts de Gosse dans *Sabinus*, ceux de Grétry dans *Céphale et Procris*, ouvrages représentés en 1773 à l'occasion du mariage du comte d'Artois, tendaient au même but; Gluck seul put l'atteindre. Appelé d'Allemagne, sa patrie, par la dauphine (Marie-Antoinette), Gluck vint à Paris, et donna, le 19 avril 1774, la première représentation de son *Iphigénie en Aulide*, dont les répétitions, qu'il dirigea lui-même, avaient duré six mois. Avant son arrivée à l'Opéra, l'orchestre était de la plus grande faiblesse; l'insouciance des musiciens était telle, qu'en hiver les violonistes jouaient avec des gants. Le principal mérite des chanteurs consistait dans les ports de voix, les martellements, les flattés, les cadences perlées, et une foule d'autres ornements de mauvais goût, qui semblaient ne devoir périr qu'avec ce théâtre. Les choristes, rangés symétriquement sur deux lignes, chantaient machinalement leur partie sans prendre aucune part à l'action. Tout céda devant l'énergique volonté du compositeur; commandant aux exécutants comme à ses sujets, ce puissant génie sut les animer du feu dont il brûlait lui-même. Une expression dramatique portée au plus haut degré, une harmonie forte, colorée par des effets d'instrumentation entièrement neufs, excitèrent l'enthousiasme. *Iphigénie en Aulide* eut un immense succès, et fut suivie en moins de cinq ans, d'*Orphée*, d'*Alceste* (1776), d'*Armide* (1777), d'*Iphigénie en Tauride* (1779) d'*Echo et Narcisse*, ouvrages remplis de beautés du premier ordre.

Peu de temps après le début de Gluck sur la scène française, Piccini, maître de chapelle du roi de Naples, attiré à Paris par la dernière favorite de Louis XV, arrivait précédé de la réputation que plus de cent opéras lui avait acquise en Italie. Il écrivit la musique de *Roland*, opéra que Marmontel lui confia, et qui fut représenté pour la première fois en 1778. Alors éclata la fameuse guerre entre les gluckistes et les piccinistes. Ceux-ci réclamaient la supériorité pour la grâce des mélodies que le célèbre compositeur italien avait abondamment répandues dans son œuvre; leurs adversaires opposaient, avec raison, la vigueur du style de Gluck, la vérité de diction de son récitatif. Les journaux, les salons, les lieux publics se tranformaient en arènes où chaque jour la lutte s'engageait de nouveau. Gluck recueillit la plus grande part dans les honneurs de cette guerre. L'*Iphigénie en Tauride* de Piccini, *Diane et Endymion*, *Pénélope*, du même auteur, eurent peu de succès au théâtre; mais *Roland*, *Atys*, et surtout *Didon*,

demeurèrent d'indestructibles monuments de sa gloire.

Sacchini parut en 1782, et écrivit cinq opéras : *Renaud*, *Chimène*, *Dardanus*, *OEdipe à Colone* et *Evélina*. OEdipe à Colone, chef-d'œuvre de Sacchini, et modèle parfait de l'union de la musique et de la poésie, ne fut représenté à l'Opéra qu'après la mort de l'auteur, vers la fin de 1786. Il en fut de même d'*Evélina*, que l'on donna l'année suivante. Saluri, de 1784 à 1787, termina cette troisième et brillante époque de notre musique dramatique pas ses deux opéras des *Danaïdes* et de *Tartare*. Quant à la musique d'église, le style en était généralement faible. A l'exception de Gossec, dont il reste plusieurs ouvrages remarquables, tels que sa messe des morts et son *O Salutaris* à trois voix; l'abbé Garizargues, Giroust, l'abbé Roze, l'abbé d'Haudimont, et les autres compositeurs de ce temps qui écrivaient dans le genre sacré, ont joui d'une renommée fort supérieure à leur mérite réel.

La musique instrumentale, longtemps bornée aux sarabandes, aux courantes, aux gigues et aux autres petites pièces semblables, avait pris un plus grand développement. Gossec contribua puissamment à cette amélioration en écrivant ses quatuors et ses symphonies, dont les premières parurent vers 1752, la même année, où le célèbre Haydn composait la première des siennes. Il perfectionna aussi l'exécution musicale en dirigeant, avec autant de zèle que de talent, le Concert des Amateurs, qui, fondé vers 1775, prit en 1780 le titre de Concert de la Loge-Olympique. Ce fut là que les symphonies d'Haydn, apportées pour la première fois en France vers 1779, purent être exécutées dans leur véritable style. L'orchestre de ce concert offrait alors la réunion la plus extraordinaire de talents du premier ordre; au nombre des violonistes figuraient Viotti, Mestrino, Lahoussaie, Berthaume, Fodor, Jarnowich, Guenin, les deux Blasius; parmi les basses, les deux Duport, les deux Jeanson, les deux Levasseur; dans les instruments à vent, Rault et Hugot pour la flûte, Salentin pour le hautbois, Ozi et Devienne pour le basson, Rodolphe pour le cor. L'école du violon, perfectionnée par Guillimain, par Gavaniès, que Viotti surnomma le Tartini français, et par les autres violonistes que nous venons de citer, avait fait d'immenses progrès. A l'égard des organistes, Duquin, Calvière, sous le règne de Louis XV, et, après eux, Séjan, s'étaient fait remarquer par une grande habileté sur leur instrument. Parmi les chanteurs, Larrivée, Géliotte, mademoiselle Laguerre, et ensuite Chardini, la spirituelle Sophie Arnould, madame Saint-Huberty, Lays, qui commençait sa carrière, avaient successivement fait les délices des amateurs. Ces artistes possédaient de belles voix, auxquelles il ne manquait que d'avoir été développées par une méthode; mais les principes de la pose de la voix étaient ignorés, même dans les maîtrises des cathédrales, où se formaient nos meilleurs musiciens, et, à Paris, aucun professeur de chant ne justifiait, à proprement dire, ce titre.

La musique italienne contribua encore, sous ce rapport, au progrès de l'art en France. En 1778, de nouveaux bouffons appelés par Devismes, alors directeur de l'Opéra, avaient fait sentir la supériorité de leur vocalisation dans les ouvrages de Piccini, de Galuppi et de Paisiello; malheureusement, comme le produit des représentations ne couvrait pas les dépenses, cet Opéra-bouffe fut supprimé l'année suivante. En 1786, Léonard, coiffeur de la reine Marie-Antoinette, ayant obtenu le privilége d'un nouvel Opéra italien, s'associa Viotti, qui organisa la troupe la plus parfaite qu'on ait entendue. C'est à l'école de ces virtuoses que le célèbre chanteur Garat allait former son goût et se préparer à fonder son excellente école de chant, la première et la meilleure que nous ayons eue. Cette troupe avait débuté le 26 janvier 1789, dans la salle des Tuileries; mais, après la journée du 6 octobre, qui ramena Louis XVI à Paris, elle fut obligée de s'installer dans la salle de Nicolet, à la foire Saint-Germain, en attendant qu'on eût bâti la salle de la rue Feydeau, dont l'ouverture n'eut lieu que le 6 janvier 1791. Une troupe d'opéra-comique français dans laquelle figuraient Martin, Lesage, Gaveaux, Adrien, avait été jointe à la troupe italienne et jouait alternativement avec elle. Ce spectacle ainsi organisé prit le titre de théâtre de Monsieur.

VII. *Depuis la révolution de* 1789 *jusqu'au retour des Bourbons en* 1814. — Une ère nouvelle s'ouvrait pour la musique française. La révolution de 1789, en exaltant les esprits, avait imprimé aux idées un cachet d'énergie dont les arts ne tardèrent point à ressentir l'influence. C'est à cette cause et à la nature du génie de Méhul et de Chérubini que doit être attribuée la transformation subite qui s'opéra vers 1790 dans le style de notre musique dramatique et qui en caractérise la quatrième époque. Jusque-là on avait ignoré tout l'effet que pouvaient produire ces grandes conbinaisons harmoniques et instrumentales dont Mozart, quelques années aupa avant, avait donné l'exemple dans les *Noces de Figaro* et dans *Don Juan*, en les unissant aux mélodies les plus neuves, les plus heureuses, les plus originales. Ces révélations du génie, stériles encore pour l'Allemagne elle-même où cet illustre musicien allait bientôt s'éteindre, étaient restées étrangères à la France. Gluck, qui avait fixé la forme de notre opéra sérieux, n'avait fait entrer dans sa composition que le récitatif porté à sa plus grande perfection, les chœurs, par lesquels l'école française a toujours brillé, les airs, quelquefois les duos, mais fort rarement les trios, les quatuors ou morceaux d'ensemble. Quant au genre de l'opéra comique, les sujets de pièces étaient trop légers, les personnages trop peu nombreux pour pouvoir écrire

aucun de ces morceaux dont l'exécution exigeait une grande réunion de voix.

Méhul, formé à l'école de Gluck, et doué comme ce grand maître d'une organisation forte, propre à sentir et à exprimer les situations dramatiques, comprit les développements de la scène lyrique sur un plan plus vaste que ses devanciers. Le premier de ses ouvrages, ***Euphrosine et Coradin***, qui fut représenté en 1790 sur le théâtre de l'Opéra-Comique, traçait une route nouvelle à nos compositeurs. En effet, Méhul, profitant des améliorations de l'opéra italien, sans pour cela devenir imitateur, donnait à ses airs une coupe plus régulière et faisait entendre pour la première fois des morceaux d'ensemble d'une facture large et bien proportionnée ; enfin, son instrumentation, soignée dans les détails, ses heureuses innovations dans l'emploi des instruments de cuivre, augmentaient l'importance de l'orchestre. La vigoureuse harmonie de ce compositeur, ses chants pleins de noblesse, convenaient à une époque où l'on était avide d'émotions fortes : aussi l'opéra ***d'Euphrosine et Coradin*** eut-il un succès complet ; l'énergique duo connu sous le nom de ***Duo de la Jalousie*** produisit surtout une vive sensation. ***Stratonice*** (1792), ***Phrosine et Hélidor*** (1794), ***Ariodant*** (1799), ***Joseph*** (1807), œuvre remarquable par la couleur antique et l'onction religieuse ; ***Uthal***, dans le genre Ossianique, où les violons furent exclus pour faire place aux altos ; l'***Iruto***, écrit à la manière italienne, et plusieurs autres opéras, achevèrent de consolider la réputation de Méhul. Tout le monde connaît l'ouverture du ***Jeune Henri***, dont le motif principal est devenu si populaire.

En 1788, Chérubini s'était fixé à Paris, où bientôt après il avait été chargé de diriger la partie musicale de l'opéra-bouffe du théâtre de Monsieur. Ce célèbre compositeur, dont les travaux ont exercé tant d'influence sur la destinée de la musique française, abandonna la manière italienne, qu'il avait suivie jusqu'alors, pour adopter, en y appliquant les qualités distinctives de son talent, le système que Méhul venait d'inaugurer dans ***Euphrosine et Coradin***. Il donna, en juillet 1791, sur le théâtre Feydeau, ***Lodoïska***, œuvre remarquable par la science profonde, l'exquise pureté de style, la richesse de l'instrumentation. Deux cents représentations successives n'épuisèrent pas l'admiration du public ; et si plus tard la ***Lodoïska*** de Kreutzer obtint une vogue populaire qu'elle dut à une grande facilité d'exécution, à l'exiguïté gracieuse de ses formes mélodiques, la ***Lodoïska*** de Chérubini, que l'on peut compter parmi les chefs-d'œuvre de l'école française à laquelle elle appartient par le style, reste pour les artistes un sujet d'émulation et l'éclatant manifeste d'un air nouveau. Chérubini ajouta encore à sa réputation en écrivant ***Elisa, ou le Mont Saint-Bernard*** (1794), ***Médée*** (1797), ***l'Hôtellerie portugaise*** (1798), ***les deux Journées*** (1800) ; mais c'est surtout dans la musique religieuse, à laquelle il se consacra vers 1814, que se trouvent ses plus heureuses inspirations et ses plus beaux titres de gloire.

Tous les hommes de talent que la France possédait alors prirent part, chacun avec son cachet d'individualité, à la révolution musicale qui s'opérait par les efforts de Méhul et de Chérubini. Lesueur, qui s'était déjà fait une réputation par sa musique d'église, débuta au théâtre, en 1793, par la ***Caverne***, à laquelle succédèrent ***Paul et Virginie*** (1794), et ***Télémaque*** (1796). Berton, fils du compositeur de ce nom cité plus haut, se plaça au premier rang de nos célébrités artistiques en écrivant ***les Rigueurs du cloître, Montano et Stéphanie, le Délire*** ; Boieldieu, qui commençait sa brillante carrière, donna ***Zoraïme et Zulnare*** (1798) ; Steibelt, ***Roméo et Juliette*** ; Dalayrac, ***Camille ou le Souterrain*** ; Grétry lui-même, entraîné dans cette voie nouvelle, en dehors de laquelle il n'y avait point de succès à espérer, composa ***Guillaume Tell, Lisbeth et Elisca***.

Au nombre des productions musicales qui caractérisent le style énergique de l'époque, figurent les chants patriotiques. Tels sont : l'hymne de ***la Marseillaise***, paroles et musique de Rouget de l'Isle, composée, en 1792, lors de la déclaration de guerre, sous le titre de ***Chant de guerre pour l'armée du Rhin***, et qui reçut dix mois plus tard le nom sous lequel il est devenu si célèbre ; ***le Chant du Départ, le Chant de Victoire, le Chant du Retour***, musique de Méhul ; ***le Réveil du peuple***, de Gaveaux, ***la Ronde du camp de Grandpré***, l'***Hymne à la Raison***, l'***Hymne pour la fête de l'Etre-Suprême***, de Gossec, etc.

Lorsque, après avoir été momentanément fermés, en 1792, les spectacles se rouvrirent, la liberté que chacun avait d'en établir et d'y faire jouer des pièces de genres différents les avait multipliés à l'excès. Paris posséda bientôt 25 théâtres, qui, pour soutenir une si redoutable concurrence, étaient obligés de déployer une activité prodigieuse. Aucun d'eux ne l'emporta, sous ce rapport, sur celui de l'Opéra-Comique, alors installé à la salle Favart. Quatre-vingts ouvrages, dont plusieurs en trois actes, y furent représentés dans la seule année 1793. Rivaux l'un de l'autre, ce théâtre et celui de Feydeau offrirent aux compositeurs les moyens de se produire : le domaine de l'art s'agrandit, et la France put enfin se glorifier d'avoir à opposer à l'Allemagne et à l'Italie un genre de musique qui lui appartenait en propre.

Avant la révolution, il existait en France cinq cents maîtrises de cathédrales, où l'on enseignait la musique, et qui ne coûtaient pas moins de douze millions. Leur suppression faisait craindre pour l'amour de l'art. Dans le but de les remplacer, la Convention nationale, sur le rapport de Chénier, décréta, le 16 thermidor an III (1795), la création d'un conservatoire de musique, limitant à six cents le nombre des élèves et à cent quinze celui des professeurs. Quarante-cinq musiciens d'un mérite distingué, provenant du dépôt des gardes-françaises, et réunis par Sarrette en 1789, lors de l'organisation du

corps de musique de la garde nationale parisienne, formèrent le noyau de l'établissement. En l'an V, cette nouvelle école, administrée par un comité composé de six membres, savoir : Sarrette, directeur ; Grétry, Gossu, Chérubini, Lesueur, Méhul, inspecteurs des études, ouvrit ses cours dans l'ancien bâtiment des Menus-Plaisirs. En peu de temps les résultats les plus heureux furent obtenus, et une foule d'habiles instrumentistes formés par les soins de professeurs tels que Gavanus, Rode, Baillot, Kreutzer, Jeanson, Levasseur, Hugo, Vanderlich, Devienne, Ozi, Salentin, Lefebvre, Frédéric Duvernoy, Domnich, etc., se firent applaudir dans de brilllants concerts donnés sous l'humble dénomination d'Exercices du Conservatoire. Initiant ses élèves aux mystères de son art, Garat, secondé par Plantade, forma de véritables chanteurs dont nos théâtres lyriques s'empressèrent de faire l'acquisition : on vit successivement débuter madame Branchu, Roland, Nourrit, Dérivis, Despéramons ; mesdames Phillis, Hymm-Albert, Duret, Boulanger ; MM. Levasseur, Ponchard, etc. Des méthodes élémentaires pour les diverses branches de l'enseignement furent rédigées par les savants professeurs de l'école, et la théorie de l'harmonie, exposée d'après un système plus simple et plus raisonnable que celui de Rameau, par Catel dans son traité sur cette matière, publié en 1802, servit désormais de base à l'étude de la composition. Le Conservatoire eut bientôt une réputation européenne.

Par un autre décret, en date du 25 octobre 1795, la Convention créait l'Institut national et en ouvrait les portes à nos gloires scientifiques, littéraires et artistiques ; l'art musical y eut pour représentants Méhul, Gossu et Grétry. Des grands prix de composition y furent ensuite fondés, et les élèves qui les remportaient envoyés à Rome aux frais de l'Etat. Le premier prix décerné échut, en 1803, à Andro, élève de Gossu ; le sujet était Alcyon, scène dramatique par Arnault.

Lorsque les passions révolutionnaires se furent apaisées, une réaction s'opéra dans le goût musical, de même qu'elle se manifestait dans les besoins de la société. Adrien, Lambert, Solié, Gaveaux, Boïeldieu, et surtout Garat et Plantade, eurent la vogue pour leurs romances. Au théâtre, les grands ouvrages auxquels la révolution avait donné le jour firent place à d'autres d'un genre moins sévère. Della Maria parut tout à coup sur la scène de l'Opéra-Comique ; son *Prisonnier ou la Ressemblance* (1798), opéra rempli de mélodies gracieuses et naturelles, auxquelles la voix d'Elleviou et celle de madame Saint-Aubin ajoutaient un nouveau charme, eut un succès prodigieux. Dalayrac, dont on avait déjà apprécié les heureuses inspirations dans *Nina ou la Folle par amour* (1786), *Azémia ou les Sauvages* (1787), *les Deux petits Savoyards* (1789), *Gulnare* (1797), ressaisit la faveur du public en donnant *Adolphe et Clara* (1799), *Maison à vendre* (1800), *Picaros et Diégo* (1803), *Gulistan* (1805).

Les ouvrages de Grétry, abandonnés depuis longtemps, reparurent sur la scène et furent accueillis avec un nouvel enthousiasme. Dans ce mouvement rétrograde vers la musique légère, nos compositeurs les plus distingués se virent obligés de se conformer au goût dominant ; Chérubini écrivit *la Punition, la Prisonnière ;* Méhul, *l'Irato, une Folie, le Trésor supposé ;* Berton, *le Souper de famille, le Dénouement inattendu, le Grand Deuil, le Concert interrompu*, opéras qui précédèrent celui d'*Aline, reine de Golconde ;* Boïeldieu donna le *Calife de Bagdad, Ma Tante Aurore*, et se plaça par son talent gracieux et spirituel, au premier rang de nos compositeurs d'opéras-comiques, parmi lesquels vinrent bientôt figurer Nicolo (Isouard), auteur de *Michel-Ange*, de *l'Intrigue aux fenêtres*, de *Joconde*, de *Cendrillon* et de *Jeannot et Colin ;* et Catel, qui, déjà connu au théâtre par son grand opéra de *Sémiramis*, fit jouer les *Artistes par occasion*, *l'Auberge de Bagnères*, *les Aubergistes de qualité*.

La France, alors remise de ses commotions politiques, resplendissait de gloire. Napoléon, après avoir organisé son empire, n'avait rien négligé de ce qui pouvait contribuer à en augmenter la splendeur. La musique de sa chapelle, dont la direction fut confiée à Lesueur, sa musique particulière, dirigée par Paër, réunissaient les plus remarquables chanteurs et instrumentistes. Des subventions accordées aux principaux théâtres lyriques secondaient leurs efforts ; plusieurs grands et beaux opéras furent montés à l'Académie impériale de musique. Nous nous bornerons à citer *les Bardes* (1804), de Lesueur, ouvrage qui, comme tous ceux de ce compositeur, porte un cachet particulier ; *la Vestale* et *Fernand Cortez*, de M. Spontini, représentés quelques années après, et dont tout le monde connaît l'immense succès ; *les Abencerrages*, de Chérubini. *La Vestale* et *Fernand Cortez* furent pendant près de vingt ans la ressource du théâtre.

En 1812, Boïeldieu, revenu de Russie, où il avait fait un long séjour, donna *Jean de Paris*, et ensuite la *Jeune Femme colère*, *le Nouveau Seigneur*. Ce compositeur, Nicolo et Berton régnaient sur la scène de l'Opéra-Comique, comme M. Spontini sur celle de l'Académie impériale de musique, lorsque les événements de 1814 ramenèrent les Bourbons en France.

VIII. *Depuis 1814 jusqu'à nos jours.* — Sous la restauration, Lesueur et Chérubini partagèrent la place de surintendant de la chapelle royale. Les voûtes sonores de nos basiliques retentirent des admirables productions de ces deux grands maîtres. — Lesueur rappelait les temps primitifs par la majesté et la couleur antique de ses compositions religieuses ; Chérubini étalant dans les siennes les richesses de l'art, s'élevait jusqu'au sublime en donnant un sens dramatique aux paroles consacrées par l'Eglise. Son *Requiem*, sa messe à trois voix, celle

qu'il écrivit pour le sacre de Charles X, sont restés des chefs-d'œuvre en ce genre.

Une nouvelle génération de compositeurs s'était formée depuis plusieurs années et s'annonçait sous les auspices les plus favorables, lorsque les ouvrages de Rossini, entendus pour la première fois en France sur le théâtre italien de Paris, vinrent, en exerçant leur influence sur le goût du public comme sur les travaux des artistes, opérer une révolution dans la musique dramatique. — Après avoir essuyé bien des critiques, les découvertes dues au génie plein de verve, d'élégance et d'originalité du maître de Pesaro, se classèrent à côté de celles appartenant aux écoles française et allemande, et enrichirent le domaine de l'art d'heureuses innovations dans la manière d'écrire pour les voix et pour les instruments. Nos compositeurs, sans perdre ce qu'il y a d'individuel dans leur talent, ajoutèrent ces découvertes à leurs qualités personnelles. C'est ainsi que Boïeldieu, entrant avec un rare bonheur dans cette voie de progrès, écrivit son délicieux opéra de *la Dame Blanche* (1825). Parmi les hommes dont les travaux jetèrent alors un nouvel éclat sur notre scène lyrique et lui assignèrent le rang élevé qu'elle occupe aujourd'hui en Europe, se présentent d'abord Hérald et Auber Hérold, que ses opéras des *Rosières*, du *Premier venu*, de la *Clochette*, avaient avantageusement fait connaître, assura sa réputation par ceux du *Muletier*, de *Marie*, de *Zampa*, du *Pré aux Clercs*. Auber, après avoir donné la *Bergère châtelaine*, *Emma*, écrivit *Leicester*, *la Neige*, *Léocadie*, *le Maçon*, *Fiorella*, *la Muette de Portici*, dont on connaît le prodigieux succès, et beaucoup d'autres délicieux ouvrages que le public applaudit chaque jour. A ces deux compositeurs vinrent se joindre Halévy, auquel on doit les beaux et savants opéras de *la Juive*, de *Guido* et *Ginevra*, de *la Reine de Chypre*; Onslow, qui s'est surtout distingué dans la musique instrumentale; Carafa, l'auteur du *Solitaire* et de *Masaniello*; Adam, dont la verve spirituelle s'est montrée si heureusement dans le *Chalet* et dans le *Postillon de Lonjumeau*; M. Fétis, Monpou, que la mort a récemment enlevé aux amis de l'art; MM. Berlioz, Ambroise Thomas, Desth, et plusieurs autres. Espérons que M. Félicien David, appelé à travailler pour le théâtre, soutiendra la belle et juste réputation que lui a acquise dernièrement sa partition du *Désert*.

L'Académie royale des beaux-arts formant l'une des cinq grandes divisions de l'Institut, ce brillant aéropage dans le sein duquel ont siégé successivement tant de célébrités diverses, compte maintenant parmi ses membres, dont le nombre dans la section de musique (composition) est limité à six, Auber, Halévy, Carafa, Spontini, Onslow, Adam, et parmi ses associés étrangers, Rossini et Meyerbeer, qui tous deux ont payé à la France le tribut de leur talent, en écrivant spécialement pour notre Grand-Opéra, le premier, *le Siége de Corinthe*, *le comte Ory*, *Guillaume-Tell*; le second, *Robert le Diable* et *les Huguenots*.

S'il est vrai qu'en France les progrès de la musique avaient été lents et que le goût ne se soit épuré qu'avec difficulté, ce n'était ni l'organisation naturelle ni les hommes de génie qui manquaient à notre nation, mais bien une meilleure direction dans son éducation musicale. En effet, dès que cette éducation s'est améliorée, la pratique et la théorie, par leur continuelle réaction l'une sur l'autre, ont imprimé à l'art une rapide impulsion qui, après avoir amené les plus heureux résultats, fait encore concevoir les plus grandes espérances pour l'avenir. Chaque année, les jeunes artistes sortant des diverses classes du Conservatoire, ce centre des hautes études musicales, réalisent ces espérances. Il n'est nulle part d'orchestre comparable, pour la vigueur, le fini et l'ensemble d'exécution, à celui des admirables concerts que donnent, dans cet établissement, les anciens élèves réunis à leurs professeurs.

En 1836, un gymnase musical a été fondé à Paris dans le but de former des chefs de musique pour les régiments de l'armée. Cet établissement, dirigé avec autant de zèle que de talent par Carafa, contribue puissamment aux progrès qui se manifestent chaque jour dans nos musiques militaires. Une décision du ministre de la guerre, en date du 19 août 1845, portant réorganisation des musiques de l'armée, en détermine la composition instrumentale dans laquelle entreront désormais les nouveaux instruments à vent, dus à l'esprit inventif de M. Sax. Cet arrêté fixe le nombre des instrumentistes, pour chaque régiment d'infanterie, à 27 musiciens et 23 élèves, total, 50, y compris le chef de musique, et, pour chaque régiment de cavalerie, à 22 musiciens et 14 élèves, total, 36. Il y a peu d'années encore que la France était dépourvue de ces institutions chorales, qui, à l'instar de celles d'Allemagne tendent à améliorer la condition matérielle et morale des classes laborieuses en développant leur intelligence et en rendant leur travail à la fois moins pénible et plus productif. Aujourd'hui l'enseignement populaire du chant est introduit dans un grand nombre d'écoles primaires du royaume. A Paris, il est devenu général, et, outre les institutions particulières qui l'ont adopté, il existe officiellement dans 3 écoles supérieures, 53 écoles mutuelles, 29 écoles de frères, 6 écoles de sœurs et 13 classes d'adultes (hommes). Tous les élèves de ces différentes écoles reçoivent une instruction musicale préparatoire, et plus de 7,000, une instruction toute spéciale. Parmi ces derniers sont choisis ceux qui composent les réunions de l'Orphéon. On ne peut sans avoir assisté à ces réunions, se faire une idée de l'impression profonde que produisent ces masses de voix exercées d'après la méthode de Wilhem, et si habilement dirigées par son successeur, M. Hubert. La province rivalise aujourd'hui de zèle avec la capitale; une foule d'élèves du

Conservatoire, devenus professeurs à leur tour, y propagent l'excellence de leur méthode. Depuis quelques années, des écoles de musique, succursales du Conservatoire de Paris, ont été érigées dans quatre chefs-lieux de départements, savoir : à Toulouse, en 1840 ; à Marseille et à Metz, en 1841, et à Dijon en 1845. Partout des sociétés philharmoniques composées d'artistes et d'amateurs sont organisées ; quelques-unes de ces sociétés jouissent même d'une réputation méritée. Les grands ouvrages des compositeurs modernes, si difficiles d'exécution, sont représentées avec un ensemble et un luxe remarquables sur les théâtres de nos principales villes. La province a fourni aux théâtres lyriques de Paris un grand nombre de belles voix ; l'expérience a démontré qu'en France les voix sont, en général, distribuées par cantons comme les vignobles. En Picardie, par exemple, on trouve de plus belles basses et en plus grande quantité qu'autre part ; les tenors, particulièrement ceux qu'on nomme hautes-contres, se rencontrent plus fréquemment dans le Languedoc et dans les environs de Toulouse qu'en aucune autre localité ; les voix de femmes ont plus d'étendue et un timbre plus pur dans la Bourgogne et dans la Franche-Comté que dans les autres parties du royaume.

Les perfectionnements que nos habiles luthiers apportent chaque jour dans la construction des instruments deviennent pour les compositeurs une source de richesses nouvelles. La quantité d'instruments annuellement confectionnés en France est prodigieuse. Paris seul compte 32 facteurs d'instruments à cordes et à archets, 115 facteurs de pianos, 30 facteurs d'instruments à vent en bois, 24 facteurs d'instruments en cuivre, 29 facteurs d'orgues, 8 facteurs de harpes, 16 facteurs d'armonicas et d'accordéons, 2 facteurs de mélophones, 8 fabricants d'archets et 9 de cordes d'instruments. Quelques-unes de ces fabriques occupent cent et même cent cinquante ouvriers.

Depuis la publication du *Traité d'Harmonie* de Catel, dont nous avons parlé plus haut, d'importants ouvrages relatifs à l'étude de la composition ont été rédigés. De ce nombre sont les *Cours d'Harmonie* et le *Traité de haute composition* du savant professeur Reicha, la *Méthode élémentaire d'Harmonie et d'Accompagnement* de M. Fétis, le *Traité de Contrepoint et de la Fugue*, du même auteur. Nous mentionnerons aussi le *Traité d'Instrumentation* de Kastner, le *Grand Traité d'Instrumentation et d'Orchestration moderne* de Berlioz, dont les vues, aussi neuves que hardies, ajoutent encore, par l'application qu'il a su en faire, aux découvertes instrumentales des Mozart, des Bethoven et des Weber.

Dans ces derniers temps, Perne, Choron, Castil-Blaze, Fétis, se sont placés, par d'importants travaux, au premier rang de nos littérateurs-musiciens. On doit à Fétis, fondateur de la *Revue musicale*, une excellente biographie universelle des musiciens. La vaste érudition de cet auteur s'est encore déployée dans beaucoup d'autres écrits et a jeté une vive lumière sur les plus hautes questions théoriques, historiques et philosophiques de l'art. Aux noms que nous venons de citer viennent se joindre ceux de MM. Bottée de Toulmon, Anders, Berlioz, J. d'Ortigues, Danjou, Elwart, H. Blanchard, Maurias, Bourges, G. Kastner, G. Héquet, Escudier, A. Delafaye, Prévots, Deloche et plusieurs autres.

Tel est le résumé succinct de l'histoire de l'art musical en France et de ses progrès jusqu'à ce jour.

N

NACRES ET PERLES FINES. — La nacre est cette partie brillante, argentée comme les perles, qui se remarque dans certains coquillages. Plusieurs de ces coquillages n'ont une nacre qu'en leur surface intérieure, et d'autres ont besoin d'être dépouillés de leur drap marin pour que l'on découvre leur nacre.

Le *lauris marina*, petit poisson de mer qui est une espèce d'huître, a une coquille très-unie intérieurement, avec la blancheur et l'eau de la perle même. Le dehors fait voir un lustre semblable, après qu'on a nettoyé avec de l'eau-forte et le touret du lapidaire les premières lames qui composent la couche ou la tunique extérieure de cette belle coquille.

Le *burgan* est l'espèce de coquille dont la nacre est la plus riche et la plus brillante : c'est un grand limaçon à bouche ronde, fort commun dans les Antilles. Lorsqu'on retire ce coquillage de la mer il est entouré d'une robe grise-brune ; mais à l'aide des acides on parvient à enlever toute la matière terreuse et l'épiderme qui l'environnait ; on fait ensuite passer le burgan sous une meule douce ; alors on voit briller une coquille argentée avec des nuances d'iris admirable. Il y a une espèce de burgan émaillé de vert qu'on appelle *peau-de-serpent*.

Les ouvriers tirent de ces diverses sortes de coquilles la plus belle nacre, qu'ils appellent *nautile* : on fait servir la nacre à divers ouvrages de bijouterie, comme tabatières, manches de couteaux, etc.

Perles. — Le coquillage appelé *nacre de perles, mère de perles, huître à écaille nacrée,* est une espèce d'huître qui se pêche dans les mers orientales et dans l'île de Tabago. Ce coquillage, bivalve, est pesant, ridé, âpre, gris en dehors ; il est d'un blanc argenté, uni en dedans. La coquille de cette huître perlière est grande, épaisse et peu creuse ; elle produit des perles plus grandes et en plus grand nombre que tout autre coquillage. Toutes les coquilles bivalves dont l'in-

térieur est nacré produisent aussi des perles, mais bien moins fines; on en trouve aussi dans les coquilles dites le *marteau*, la *pintade*, dans l'*hirondelle*, dans les huîtres et dans les moules.

L'opinion la plus commune et la plus vraisemblable attribue la production des perles à l'abondance de la liqueur nacrée, qui, en transsudant de l'animal, a distillé par gouttes ou par petits pelotons plus ou moins réguliers qui se sont conglomérés. On prétend aussi que la perle doit son existence aux ennemis de l'huître, ou à des accidents qui font des trous à la coquille. L'animal les bouche avec la liqueur nacrée, qui prend une forme épaisse et ronde. Alors on pourrait produire des perles avec le secours de l'art, soit en faisant parquer des huîtres dans des étangs, où l'on mettrait des scolopendres marins, qui s'attachent aux coquilles et les taraudent en y faisant des trous réguliers. En effet, Linnée avait trouvé le secret de multiplier les perles et de les grossir sans doute par ce moyen. On dit même que quelques Asiatiques voisins des pêcheries de perles ont l'adresse d'insérer dans des coquilles des huîtres à perler de petits ouvrages, qui se revêtissent de la matière qui forme les perles. Comme on observe aussi quelquefois dans les moules d'étang l'extravasion du suc perlé, ne pourrait-on pas également tenter de se procurer de ces petits ouvrages incrustés à la manière des Asiatiques.

Il y a communément dans chaque nacre une ou deux perles seulement, mieux formées que les autres. Presque toutes les perles se tirent des pays étrangers. On en compte quatre grandes pêcheries en Orient; la première dans l'île de Baharein (golfe Persique); la deuxième sur la côte de l'Arabie-Heureuse, près Califa; la troisième dans l'île de Ceylan et la quatrième dans l'île du Japon. Il y a quatre autres pêcheries de perles dans l'Occident, qui sont situées dans le golfe du Mexique, le long de la côte de la Nouvelle-Espagne. On pêche aussi des perles dans la Méditerranée et sur les côtes de l'Océan; on en trouve encore dans les moules que l'on tire de la petite rivière de Valogne dans les Vosges, et dans d'autres rivières de la Lorraine.

La pêche de perles dans l'île de Ceylan appartient à la Compagnie anglaise des Indes, et lui donne un grand bénéfice par l'espèce de tribut que lui doit chaque bateau qu'elle permet aux habitants d'employer à cette pêche. Le temps de cette pêche est en mars et en avril, et quelquefois il y a une seconde pêche en août et en septembre. On fait d'abord des essais : des plongeurs pêchent chacun plusieurs milliers d'huîtres, qu'ils amènent sur le rivage; on met à part les perles qu'on y trouve, et, si cet essai promet une pêche abondante et lucrative, la Compagnie des Indes en fait proclamer l'ouverture et les avantages. Alors les pêcheurs arrivent avec leurs bâteaux, les commissaires anglais viennent en même temps de Colombo pour présider à la pêche, qui est annoncée le matin par un coup de canon. A ce signal, tous les bateaux partent et s'avancent dans la mer, précédés de deux chaloupes qui se tiennent à droite et à gauche pour marquer les limites de la pêche.

Un bateau a plusieurs plongeurs qui vont tour à tour à l'eau, et, dès que l'un remonte, l'autre s'enfonce. Ces plongeurs sont attachés à une corde, dont le bout tient à la vergue du petit bâtiment; de façon que les matelots du bateau peuvent, au moyen d'une poulie, tirer ou lâcher cette corde selon qu'il est nécessaire. Le plongeur a une pierre du poids d'environ trente livres, attachée aux pieds afin d'enfoncer plus vite, et porte un sac à sa ceinture pour y mettre les huîtres. Lorsqu'il est descendu au fond de la mer, il court çà et là, tantôt sur du sable, tantôt sur une vase visqueuse; il ramasse à la hâte les huîtres qu'il met dans son sac; et s'il y en a plus qu'il n'en peut emporter, il en fait un monceau qu'il revient chercher, ou que son camarade est averti d'aller reprendre. Quand le plongeur veut revenir en l'air, il tire fortement une petite corde, différente de celle qui lui tient le corps, afin d'avertir un ou deux matelots, attentifs à ses besoins. Il est rare qu'un plongeur, exercé dès son enfance à son pénible métier, puisse retenir son haleine au delà de 12 à 15 minutes.

Il met du coton dans ses narines et dans ses oreilles, et il garantit ses mains avec des mitaines de cuir lorsqu'il craint les pointes des cailloux ou des rochers. Il a aussi un instrument de fer pour détacher les huîtres quand elles sont adhérentes à des pierres ou à des rochers. Les plongeurs sont quelquefois très-près l'un de l'autre, et il est même arrivé que ces malheureux se sont battus au fond de la mer pour se disputer des tas d'huîtres. On dit que ces plongeurs y voient aussi bien que sur terre. Mais on ne peut se dissimuler qu'en enfonçant si avant dans la mer ils ne courent de grands risques soit par quelque choc périlleux, soit par la voracité des gros poissons et des requins. Un plongeur ne peut se précipiter plus de 7 ou 8 fois par jour. Ce travail se termine ordinairement à midi; alors tous les bateaux regagnent le rivage. Quand on est arrivé, le maître du bateau fait transporter les huîtres dans une espèce de parc ou fossé; on les étale à l'air, et l'on attend qu'elles s'ouvrent d'elles-mêmes, ce qui dure trois ou quatre jours. On en retire alors les perles sans les endommager, on les lave, puis on les pose dans de petits bassins à cribles, qui s'entassent les uns dans les autres; les trous du second crible sont plus petits, et ainsi de suite. Les perles qui ne passent point par le premier crible sont du premier ordre, celles qui ne passent pas dans le second sont du second ordre, ainsi de suite, et les dernières alors sont appelées semences de perles. Les Hollandais se réservent toujours le droit d'acheter les plus grosses perles et les plus belles. On prétend que toutes les perles que l'on pêche le pre-

mier jour appartiennent ce droit au roi de Maduré, ou à tel autre souverain dans la rade duquel se fait la pêche. On pêche les perles occidentales, depuis le mois d'octobre jusqu'au mois de mars. Cette pêche occasionne toujours de grandes maladies, causées, soit parce qu'on mange alors des huîtres en trop grande quantité, ou parce que la corruption des huîtres exposées à l'ardeur du soleil leur fait exhaler une odeur pestilentielle.

Les perles varient dans leurs couleurs. Il y en a de blanches, de jaunâtres, de verdâtres, de noirâtres; mais leur couleur ordinaire est blanche. Les perles de couleur plombée ne se trouvent guère qu'en Afrique, où le sol de la mer est très-vaseux. La couleur jaunâtre ou verdâtre doit être attribuée à la maladie ou à la corruption de l'animal qu'on a laissé trop longtemps à l'air.

On appelle loupe ou coque de perles un suc pierreux et nacré qui s'est extravasé en forme de nœud. Quand ils en trouvent de demi-sphériques, les joailliers les font scier. Il y a beaucoup de perles baroques, ou de figures irrégulières qui sont peu estimées. On nomme perles parangones celles d'une grosseur extraordinaire. Les perles les plus recherchées, les plus chères et les plus belles, sont les perles d'Orient, qui sont grosses, parfaitement rondes, polies, blanches, et qui paraissent transparentes sans l'être.

On dit des perles qu'elles sont d'une belle eau ou d'un bel Orient.

La perfection des perles, soit qu'elles soient rondes ou en forme de poires, consiste dans le lustre et la netteté de leur couleur, ce qu'on appelle leur eau.

Les perles se jaunissent et se gâtent au bout d'un certain temps.

En Europe les perles se vendent ordinairement au carat. On fait usage des différents autres poids dans le commerce des perles, suivant la différence des Etats.

(Voir, pour l'évaluation du poids des perles, ainsi que pour celle des pierres précieuses, le dernier tableau inséré à la fin de l'article Mètre.)

NAVETTES VOLANTES. — *Invention de M. Chaptal.* — Toute espèce de châsse d'un métier quelconque peut recevoir les pièces nécessaires pour le jeu de la navette volante; on applique au sommier ou à la base de la châsse une tringle de bois d'une longueur pareille, de deux pouces et demi de largeur sur un quart de pouce d'épaisseur. L'extrémité de cette tringle doit dépasser le sommier de 9 à 10 pouces de chaque côté, à compter du milieu des épées, cette longueur étant égale à celle des navettes. Ainsi il faut cette largeur pour que la pointe soit éloignée de la foule, de la moitié d'une des largeurs des épées, ce qui fera en tout un pied environ pour la longueur de la boîte, entre la lisière et l'extrémité opposée de la navette. La navette se loge dans une petite boîte faite à chaque extrémité de cette tringle, au moyen de deux petites planches de 9 à 10 pouces de longeur, fixées avec des clous d'épingle à la tringle de bois ci-dessus, laquelle est elle-même clouée contre le bas de la châsse. La surface de la tringle doit être bien unie, parce que le tissu, quand il est foulé, s'appuie sur cette tringle pour que la navette n'accroche pas la lisière de la chaîne en passant. Il faut donc que cette tringle soit parfaitement de niveau avec le dessous du peigne. C'est sur la tringle que frottent les roulettes de la navette lorsqu'elle est lancée à travers la foule. La pièce principale qui sert à lancer est une pièce de cuir fort, double, bien cousue; on la nomme taquet; sa longueur est en général d'un pouce, et sa longueur de trois pouces à trois pouces et demi. On choisit du cuir de cheval, comme le plus dur et le moins sujet à se déformer. Le talon du taquet est quelquefois cousu avec des fils de laiton, et les branches supérieures sont, dans quelques fabriques, maintenues dans leur position par une ou deux petites brides en fil d'archal qui traversent les dessus des branches, et sont entortillées ensemble pour les maintenir en respect. Le talon est coupé d'une largeur un peu moindre que les branches; il est destiné à glisser dans une rainure pratiquée dans la tringle qui fait la semelle au fond des boîtes qui reçoivent la navette à droite ou à gauche. La longueur de cette rainure est de 8 à 9 pouces, et la largeur asssez grande pour que le talon du taquet puisse s'y glisser avec la plus grande aisance. Au milieu des branches d'un des deux taquets, on perce un trou d'un quart de pouce de diamètre, pour passer les guides: ces guides sont deux verges de fort fil de fer parfaitement poli, pour faciliter la course des taquets, qui glissent sur elles. Ces tringles sont un peu plus longues que les boîtes; elles sont attachées par une de leurs extrémités aux épées de la châsse, et par les deux autres aux extrémités de leurs boîtes respectives, c'est-à-dire dans de petits morceaux de latte cloués à chaque bout de la châsse, à la tringle et à la petite planche, et qui forment ainsi les bouts de ces boîtes. A la partie supérieure de ces deux taquets se trouve attachée une petite corde réunie dans le milieu à un manche de bois que l'ouvrier tient de la main gauche, et au moyen de laquelle il fait la manœuvre. La navette étant placée dans une des boîtes, le tisserand, après avoir appuyé sur les marches pour ouvrir la foule, chasse la navette à travers par saccades et avec une grande vitesse; sa main gauche fait un mouvement d'oscillation, toujours du côté par où la navette est lancée, et sa droite est toujours placée sur la cape de la châsse pour frapper la trame et donner au tissu la consistance nécessaire; dans quelques occasions où l'on est obligé de changer souvent la trame, comme dans quelques espèces de piqués et de basins, les boîtes sont construites d'une manière différente. On les fait avec un fond mobile un peu plus long que la navette, et communiquant, par une corde qui traverse les

poulies placées dans les épées, avec les marches des lisses qui exigent un changement de trame. Dès que le tisserand a appuyé sur les marches, la corde précitée fait soulever le fond mobile, et présente une autre navette aux coups des taquets. Dans les coups subséquents, cette navette disparaît, et l'autre navette, qui a été cachée, remonte à son tour pour être lancée de nouveau par les taquets. Cette manœuvre surtout montre le grand avantage de la navette volante. L'ouvrier ne perd pas le temps qui lui était devenu nécessaire auparavant pour changer la navette de main, et de plus on évite les erreurs qui avaient lieu quand l'ouvrier était forcé de compter le nombre de coups qu'il avait frappés avant de changer de navette, et on sait à combien d'erreurs ce genre de travail doit être exposé. (*Annales des Arts et Manufactures*, t. VIII, p. 100)

Revendication. — Sous le ministère de M. Necker, on permit à M. Delasalle, de Lyon, de placer ses machines dans le château des Tuileries, et il y disposa les premières navettes volantes, pour faire des gazes et d'autres étoffes de toute largeur. Cette heureuse découverte nous ayant été ramenée depuis comme anglaise, il est juste d'en rendre honneur à son véritable auteur, et à la France, qui l'en a récompensé par une pension, et par le cordon de Saint-Michel (Extrait de la *Notice nécrologique de M. Delasalle*, de Lyon.

Inventions. — *M. Jean Leroy, de Paris*, 1812. — L'auteur a obtenu un brevet d'invention de cinq ans, pour quatre nouveaux moyens de lancer la navette volante. Dans le premier de ces moyens, la navette est lancée par le simple mouvement de la châsse, sans autre secours ni des mains, ni des pieds. Deux cordes, traversant une pièce de bois percée pour cet effet de deux trous, se réunissent et sont tendues par une cheville de bois; par cette tension ces cordes font ressort à droite et à gauche, ce qui permet à la pièce de bois d'agir alternativement dans ses deux sens, pour imprimer le mouvement de va-et-vient à la pièce de bois dont il est question ci-dessus; elle porte des dents à droite et à gauche; derrière la châsse est disposée verticalement une seconde pièce de bois percée d'une mortaise à jour, et embrassée par une corde qui se trouve serrée par une pièce mobile comme une clavette serre la corde de bandage d'une scie. Cette pièce porte une dent qui engrène dans les crans de la première pièce de bois, de sorte que lorsqu'on pousse la châsse, la pièce butte contre la traverse qui est fixée au bâtis; alors la dent de la pièce mobile sort des crans de la première pièce de bois, et elle est lancée par les cordes de gauche à droite ou de droite à gauche. Pendant ce mouvement la châsse revient, et la dent de la pièce mobile rentre dans un des crans situés de l'autre côté de la première pièce de bois; mais comme dans ce mouvement de vibration des cordes, cette même pièce de bois n'a pas parcouru tout le chemin nécessaire pour recommencer la même opération, une petite cheville rencontre au retour de la châsse une broche placée à l'extrémité d'une pièce de bois retenue à la traverse de devant du métier, ce qui fait reculer d'un cran la première pièce de bois. D'autres cordes sont attachées aux taquets, et comme elles suivent les mouvements de la première pièce de bois, elles lancent la navette tantôt à droite, tantôt à gauche. Dans le deuxième moyen, la navette est mise en action par le mouvement des doitgs qui font jouer deux leviers placés au centre de la châsse et correspondant à deux ressorts en bois qui chassent alternativement les taquets. La navette qui est chassée par le ressort en bois, se dirige vers le ressort tendu, et au moment qu'elle arrive près de ce ressort, la main pousse le levier auquel est attachée une ficelle, laquelle dans sa tension tire la détente qui retient le ressort. Ce ressort ainsi abandonné, chasse la navette de l'autre côté. Pendant le temps de la traversée, on achève de tendre le ressort en poussant le levier qui fait tourner la roue autour de laquelle s'enroule la corde; on pousse le levier auquel est attachée la ficelle qui tire la détente, le ressort part et lance de nouveau la navette. L'opération continue de la même manière. Dans le troisième moyen, la navette est lancée par les deux pieds, qui agissent alternativement en passant des marches sur les leviers à bascules placés l'un à droite, l'autre à gauche des marches. Les marchepieds de l'ouvrier sont continuellement placés l'un sur la marche qui foule, et l'autre sur l'un des leviers. Enfin, dans le quatrième moyen, un seul levier placé entre les deux marches suffit pour imprimer à la navette le mouvement de va-et vient avec le pied. (*Brevets non publiés.*)

M. Lecoq, de Rouen, 1816. — L'auteur a présenté à la Société d'émulation de cette ville le modèle d'une navette volante pour la fabrication des toiles, laquelle est garnie d'un ressort pour tenir très-ferme, dans l'intérieur de la navette, le fuseau portant la trame; moyen entièrement neuf, qui évite beaucoup d'inconvénients, comme perte de coton, et qui augmente encore l'activité dans les fabriques. La Société lui a décerné une médaille d'encouragement. (*Archives des découvertes et inventions*, tom. IX, pag. 438.) Voy. le *Dictionnaire des découvertes.*)

NAVIGATION. — I. Il n'est aucun écrivain qui, en fait d'histoire, ait la prétention de faire un livre complet, un livre où il n'y ait rien à ajouter, rien à retrancher, où rien n'ait été oublié, où chaque époque ait été appréciée suivant l'influence qu'elle a exercée sur les époques suivantes, où chaque fait ait été classé d'après son importance, où chaque homme ait été jugé selon son mérite.

Les immenses travaux historiques en tout genre, auxquels on s'est livré de nos jours dans toutes les parties du monde, démontrent l'insuffisance d'une foule d'ouvrages accré-

dités et que, pendant un long espace de temps, l'on avait considérés comme classiques; mais nulle histoire ne présente à cet égard plus de difficultés que l'histoire de la navigation maritime. Le voile qui nous dérobe ce que cet art était dans son essence, dans ses principes et dans ses règles, chez les anciens, l'obscurité qui règne dans le langage des auteurs de l'antiquité, la diversité des systèmes propres aux différents peuples, diversité telle, qu'un artiste habile d'une contrée ne saurait s'entendre avec un autre artiste d'une contrée éloignée; toutes ces causes et une foule d'autres contribuent à faire de l'histoire de la marine un ensemble insaisissable pour une seule intelligence, et ont condamné les écrivains qui s'en sont occupés à ne présenter que des travaux partiels. Le passé est comme la distance, notre vue y décroît et s'y perdrait même, si l'histoire et la chronologie n'eussent placé des fanaux, des flambeaux aux points les plus obscurs. Mais, si l'on remonte à quelques siècles, que d'incertitude dans les faits! que d'erreurs sur les causes des événements, et quelle obscurité profonde n'environne pas les temps antérieurs à cette tradition!

Nous nous bornerons, il est vrai, à cette partie de l'art qui, suivant sa première origine, a été destinée à parcourir les fleuves, à longer les côtes des mers avant de se risquer à les perdre de vue; nous suivrons rapidement la marine des anciens jusqu'à notre époque, sans trop nous enquérir des détails qui l'ont amenée au point où nous la voyons.

Tous les poëtes, tous les philosophes de l'antiquité sont unanimes pour attribuer à la navigation maritime une origine divine, et par cela même ils excluent toute idée d'invention humaine. Des dieux sont les inventeurs du vaisseau, des rames, des roues, du gréement, etc.; ces mêmes dieux, à l'aide de flottes, font la guerre, fondent des cités ou en prennent d'autres sous leurs auspices; ils deviennent protecteurs de colonies, et font de la navigation la science universelle, le nœud des connaissances divines et humaines.

Par quelles séries d'essais, de tâtonnements, de progrès, puis d'amélioration et de perfectionnements a-t-on passé depuis l'homme hardi qui, le premier, a osé se risquer sur le frêle esquif; depuis le voyage des Argonautes, ceux d'Hercule, de Thésée, de Pirithoüs, depuis le périple d'Hannon, les expéditions dans l'Inde des Egyptiens et des Phéniciens; depuis les flottes réunies de la Grèce dispersées après la victoire par la tempête, abordant les côtes de Sicile et de l'Italie méridionale; — depuis les Phocéens, venus de l'Asie-Mineure sous la conduite de *Sinos* et de *Protes* fonder Marseille, 600 ans avant Jésus-Christ; Marseille la ville la plus ancienne de toutes les Gaules, contrée alors aussi sauvage que ses habitants, — depuis la fondation de Carthage, depuis les flottes de Pompée, celles d'Athènes, de Sparte; depuis les vaisseaux d'Alexandre; enfin depuis les cent soixante vaisseaux construits en six semaines par les Romains sous le consul Duillius, sur le modèle d'une galère carthaginoise échouée sur leurs côtes; flotte avec laquelle cet amiral improvisé chercha celle des Carthaginois, la rencontra et la vainquit, victoire qui fraya aux descendants de Romulus les voies à la domination du monde connu alors; — par qu'elles séries d'essais et de progrès n'a-t-on pas dû passer pour arriver à produire l'œuvre presque complète qui constitue de nos jours les navires de tous genres qui sillonnent le vaste Océan!

C'est sur quoi il n'est guère possible de hasarder que des conjectures, l'histoire ne nous fournissant rien de positif à cet égard. Toutefois, il paraîtrait que les premières notions d'architecture navale, quant à la forme des carènes, auraient été fournies par les galères provenues du perfectionnement des vaisseaux longs, dont l'origine est grecque, et remonte avant l'époque du siége de Troie. — Thucydide dans son *histoire de la guerre du Péloponèse* nous apprend : que Minos est le plus ancien des souverains que la renommée publie avoir possédé une marine : la plus grande partie de la mer Hellénique recevait ses lois; il fut le premier qui y fonda des colonies, et pour mieux assurer les communications, il purgea autant qu'il le put la mer de Pirates. — *Anciennement*, dit cet historien, *ceux des Hellènes ou des barbares qui étaient répandus sur les côtes, ou qui habitaient les îles, surent à peine communiquer par mer qu'ils se livraient à la piraterie sous le commandement d'hommes puissants, autant pour leurs intérêts propres que pour procurer de la nourriture aux faibles. Ils attaquaient de petites républiques non fortifiées de murs et dont les citoyens étaient dispersés par bourgades; ils les saccageaient, et de là tiraient presque tout ce qui était nécessaire à la vie. Cette profession, loin d'avilir, conduisait plutôt à la gloire et a produit plus d'un roi dans cet archipel.* Mais quand Minos eut affermi sa marine, la navigation devint plus libre, parce qu'il déporta les malfaiteurs qui occupaient plusieurs îles. Si l'on accorde quelque confiance au poëme d'Homère, on voit que déjà la flotte des Grecs se composait de douze cents vaisseaux qui transportèrent leurs armées pour assiéger la ville de Troie. Ces vaisseaux de forme primitive ne portaient que 120 à 150 hommes de débarquement.

Les Corinthiens changèrent les premiers la forme des vaisseaux, adoptant une manière à peu près semblable aux constructions contemporaines de notre auteur: Ce fut, dit-il, à Corinthe que furent construites les premières trirèmes grecques. On sait que le constructeur Aminoclès de Corinthe fit quatre vaisseaux pour les Samiens.

Le plus ancien combat naval que nous connaissions, et qui est antérieur de 260 ans à la fin de la guerre du Péloponèse, est celui de Corinthe contre Corcyre. Les Ioniens

ensuite se formèrent une marine considérable sous le règne de Cyrus, premier roi des Perses, et sous celui de Cambyse, son fils. Ils firent la guerre à Cyrus, et furent quelque temps maîtres de la mer qui baigne leurs côtes.

Polycrate, tyran de Samos, fut puissant sur mer pendant le règne de Cambyse.

Les Phocéens, fondateurs de Marseille, vainquirent par mer les Carthaginois.

Telles furent, dit en terminant Thucydide, les plus puissantes marines; mais on voit qu'elles ne se formèrent que plusieurs générations après le siége de Troie : elles employèrent peu de trirèmes, et, comme au temps de ce siége, elles étaient encore composées de *Pentécontores* ou de vaisseaux longs. Le tyran de la Sicile et les Corcyréens eurent quantité de trirèmes. C'étaient dans l'Hellade les seules flottes considérables avant la guerre de Xercès; car les Egynètes, les Athéniens et quelques autres n'en avaient que de faibles et qui n'étaient guère composées que de *Pentécontores :* ce fut même assez tard, et seulement quand Thémistocles eut persuadé aux Athéniens de construire des vaisseaux sur lesquels ils combattirent et qui n'étaient pontés qu'en partie. Telle était la marine des Hellènes dans les temps anciens et à des époques moins éloignées.

La puissante octirème de l'empire romain présentait déjà, sans doute, une grande différence, comparée aux navires des premiers temps héroïques; déjà aussi à cette époque si loin de nous, les Gaulois avaient une marine nombreuse, dont les vaisseaux, construits solidement, permettaient de naviguer en tout temps : c'est à César et à Strabon que nous sommes redevables de presque tout ce que nous savons à cet égard. La victoire difficile que le conquérant romain remporta sur la flotte des Venètes ne lui donna que trop lieu d'étudier la construction de leurs navires.

Les Venètes (*habitants du Morbihan*), dit César, *ont un grand nombre de navires, avec lesquels ils passent en Bretagne* (*Angleterre*) *; par leurs connaissances et par leur usage de la mer, ils l'emportent sur tous les autres peuples, que les flots soient agités ou tranquilles : ils sont maîtres du petit nombre de ports ; ils ont pour tributaires presque tous ceux qui fréquentent cette mer. Leurs vaisseaux avaient le fond plus plat que les nôtres et étaient par conséquent moins incommodés des bas-fonds et du reflux, les proues en étaient fort hautes, et la poupe plus propre à résister aux vagues et aux tempêtes. Tous étaient de bois de chêne, et ainsi capables de soutenir les plus rudes chocs. Les parties transversales, d'un pied d'épaisseur, étaient attachées avec des clous de la grosseur d'un pouce ; leurs ancres tenaient à des chaînes de fer au lieu de cordes, et leurs voiles étaient de peaux molles et bien apprêtées ; soit faute de lin, soit parce qu'ils ignoraient l'art de faire la toile, soit, ce qui est plus vraisemblable, parce qu'ils ne croyaient pas que la toile pût résister aux agitations et aux vents impétueux de l'Océan, et faire mouvoir des vaisseaux aussi pesants que les leurs.*

Strabon confirme tous ces détails et il ajoute que : *Les Venètes ne joignaient pas exactement les unes contre les autres les planches dont leurs vaisseaux étaient composés, mais qu'ils y laissaient des interstices, qu'ils remplissaient d'algues, afin que, lorsque les vaisseaux seraient à sec, le bois ne se desséchât pas, la mousse étant plus propre à conserver l'humidité que le chêne qui est sec et maigre par sa nature.*

Les Venètes, possesseurs des rivages de la mer et d'un grand nombre d'îles presque inabordables alors, se révoltèrent contre César (56 ans avant notre ère), et avaient fait des dispositions pour empêcher le général romain de passer en Bretagne (Angleterre), parce qu'ils étaient possesseurs du commerce de ce pays. Ne pouvant être attaqués avec succès du côté de la terre, à moins qu'on ne parvînt à détruire d'abord les ressources de leur puissante marine, les Romains construisirent une flotte sur la Loire, descendirent ce fleuve jusqu'à son embouchure et vinrent livrer bataille à ces fiers républicains sur leurs propres côtes Les Romains vainquirent leur flotte, non pas en se servant des éperons qui ne pouvaient rien contre leurs vaisseaux construits en bois fort épais, mais en faisant arracher leurs voiles de peau par le moyen de faux emmanchées à de longues perches à mesure que les vents les poussaient vers eux. La fortune de César le servit encore dans cette occasion : les vaisseaux de ses adversaires avaient une grande supériorité sur les siens, mais un calme qui survint à propos lui permit l'abordage. Privés des moyens de se défendre et même de fuir, les malheureux Venètes furent complétement vaincus, tout leur sénat égorgé, César voulant le punir d'avoir osé croire que les revers multipliés des Gaulois dans la campagne précédente ne suffisaient point pour légitimer le joug imposé à leur patrie par un général étranger.

Au commencement du moyen âge, vers le VIe siècle, d'immenses progrès avaient été faits dans l'art de la construction navale; mais la marine proprement dite ne fit dans le cours de cette époque que des progrès fort lents; sans leurs rivalités, les républiques maritimes de l'Italie, déjà maîtresses absolues du commerce et des mers, auraient pu parvenir à un degré de puissance incalculable.

Sous Charlemagne, la prépondérance de Venise sur Gênes et Pise qui, comme elle, tiraient de l'élément maritime une force et une puissance considérables, était déjà décidée. Alors on savait, ainsi que nous le prouvent les travaux accomplis par les Romains, construire des navires vastes et solides et on commençait à connaître les lois de la stabilité; mais les peuples modernes ont laissé bien loin derrière eux leurs devanciers ; dans les derniers siècles surtout,

aidés par l'impulsion toute-puissante que des hommes de génie donnèrent à la science, ils ont soumis la construction des navires à des règles plus certaines et sont parvenus à de magnifiques résultats. La construction d'un navire, doué des qualités qu'on doit exiger, est un problème trop compliqué et trop difficile à résoudre pour qu'il n'y ait plus rien à chercher, et, en effet, chaque jour nous apporte de nouvelles études, de nouveaux essais.

L'histoire nous montre tout ce que l'élément maritime a pu donner de force et de puissance à des sociétés renfermées dans l'étroite enceinte d'une ville, ou qui n'occupaient qu'un espace très-circonscrit voisin de la mer. Il n'est pas un homme d'Etat, depuis Sully jusqu'à Colbert, qui, en jetant les yeux sur la France, n'ait compris l'importance politique de son heureuse situation, n'ait mesuré avec l'orgueil d'une vive espérance l'immense étendue de ses côtes et n'ait, enfin, senti tout ce que le développement de ses ressources maritimes pouvait ajouter de grandeur et d'influence aux autres éléments de prospérité de ce noble pays; mais l'esprit national, alors, faisait peu de cas des avantages que lui offrait la mer, et le souvenir des flottes de saint Louis et de Philippe-Auguste, si glorieux pour la marine française, était entièrement effacé.

L'illustre Sully, dans ses *Economies royales*, dit :

Jamais les rois de France, aidés du peuple guerrier, courageux et intelligent que Dieu a commis sous leur destination, ne se résoudront à constituer leurs principaux plaisirs en la seule augmentation de leur grandeur, commerce, réputation et manutention de la seule monarchie françoise non litigieuse, qu'ils ne deviennent sans difficultés les seuls arbitres de la chrétienneté et ne donnent absolument la loi à leurs voisins, par leur prudence et si douce association. C'est ainsi que ce grand ministre caractérisait cette faculté expansive de civilisation dont la France est douée à un si haut degré, après avoir considéré de quelle importance la marine devait être un jour pour le pays.

Un autre homme d'Etat, déplorait, à la même époque, et dans des termes plus vifs, cette incurie qui dominait alors l'esprit français pour le véritable élément de sa grandeur :

C'est, dit le cardinal d'Ossat, ***un de mes anciens regrets et un des plus notables et honteux manquements du premier royaume de chrétienneté, flanqué des deux mers, et situé par la nature au plus beau et avantageux endroit de l'Europe, pour faire, pour empêcher et aider toutes grandes entreprises, tant par mer que par terre. C'est un de mes anciens regrets que ce royaume se manque à lui-même.*** On sait avec quelle généreuse ardeur Henri IV s'était associé, sous ce rapport, à l'opinion patriotique de ses graves conseillers. A sa mort, les ports français se repeuplaient de vaisseaux de guerre et de navires marchands, et le gouvernement favorisait, autant qu'il était en lui, le goût des découvertes qui agitait alors les esprits.

Durant la minorité de Louis XIII, un gouvernement faible et qui se consumait dans de petites intrigues, tenant, avant tout, à sa conservation personnelle, laissa périr ces germes de grandeur, jusqu'au moment où la forte volonté de Richelieu ramena la France dans ses véritables voies, en reportant de nouveau vers la marine son activité sociale.

Sous le règne de Louis XIV, la marine française acquit un développement considérable et parvint à un degré de force et de gloire qu'elle n'avait jamais atteint, et que, nous le disons, à la honte de la France, elle n'a pu ni conserver ni recouvrer depuis. A cette époque de brillante mémoire, nos flottes parcouraient, à la face de toutes les puissances de l'Europe, et majestueusement, toutes les mers où les nécessités de la guerre et les besoins du commerce conduisirent son pavillon.

Il serait intéressant, sans doute, de définir l'influence que la marine a exercée sur la marche progressive de la civilisation, sur l'élévation et l'abaissement des empires, tant au point de vue militaire que commercial, depuis l'origine des sociétés jusqu'à notre époque, où cette influence, devenant chaque jour plus puissante et plus irrésistible, va décider peut-être bientôt des futures destinées du monde, par l'emploi de la vapeur à tous les genres de locomotion; mais ce serait une tâche qui réclame d'abord une plume plus exercée que la nôtre, une étude du passé de très-longue haleine, et enfin, ce serait sortir de la question que nous nous sommes seulement proposé de traiter.

Un vaisseau, machine puissante soit en paix soit en guerre, qui peut étendre les limites de la patrie jusqu'aux extrémités du monde : source de gloire et de puissance quand il domine les mers, source de richesse et de civilisation quand il va porter à des peuples éloignés les fruits de la science et de l'industrie d'autres peuples; qui, mu par le vent, peut lutter contre les tempêtes les plus violentes, et qu'on arme pour la guerre, ou qu'on emploie à des moyens de communications, de transport et de commerce, est un corps flottant, construit en bois, de forme oblongue, chef-d'œuvre de l'intelligence humaine et intéressant à examiner dans ses moindres détails.

II. Détermination des dimensions principales d'un bâtiment, dépendantes du service auquel il est destiné. — 1° *Bâtiment de guerre.* — La longueur et le déplacement d'un bâtiment de guerre étant déterminés, la largeur et le creux devront être calculés de manière à remplir les convenances les plus essentielles, ce qui ne permet de varier que dans des limites très-étroites. On a calculé et trouvé que la longueur en dehors des membrures est comprise entre le tiers et le quart de la longueur de perpendiculaire, et que le creux sur quille est égal à très-peu près, à la moitié de la largeur. Cependant

dans quelques bâtiments de guerre, récemment construits en Angleterre, on a augmenté la largeur tout en conservant le même creux. On a obtenu ainsi une plus grande stabilité, ce qui a permis d'accroître un peu la surface de la voilure, de supprimer une partie du lest et par ce moyen imprimer au vaisseau une vitesse plus constante.

2° *Navires du commerce.* — Les dimensions principales des navires de la marine marchande reposent sur des bases d'une autre nature. Ces navires sont destinés à des cargaisons évaluées, soit en tonneaux de poids représentant 1,000 kilogrammes, soit en tonneaux d'encombrement représentant un espace de 1 mètre 45 centimètres.

Stabilité. — Cette propriété pour les bâtiments en général, c'est la résistance qu'ils opposent en raison de sa forme et de la position de son centre de gravité, aux forces qui tendent à le faire incliner; toutefois, ce n'est pas d'une résistance absolue qu'il s'agit, mais d'une résistance relative, de celle seulement qui est nécessaire pour l'inclinaison dans les limites qu'exige la sûreté du vaisseau. La stabilité au surplus n'est pas seulement essentielle sous ce dernier rapport, mais aussi en ce qu'elle assure, toutes choses égales d'ailleurs, la célérité des expéditions, parce qu'elle permet, lorsque le bâtiment possède cette qualité à un degré supérieur, de déployer beaucoup de voiles, sans craindre l'inclinaison latérale que la force du vent peut produire.

Un vaisseau de guerre armé, un grand navire de commerce chargé et prêt à appareiller, ou mieux encore, déjà sous voile, est un immense ouvrage qui, dans son ensemble échappe à tout essai de description; pour le comprendre il faut le voir, puis comme application des hautes sciences, comme produit perfectionné de tous les arts, ces étonnantes machines flottant sur les mers, excitent plus d'admiration, à mesure qu'on les étudie davantage dans leurs dispositions intérieures, dans l'ordre parfait qui y règne, non moins que dans le mécanisme de mâts, de vergues de voiles, de poulies, de cordages si multipliés dont se compose l'appareil qui les fait mouvoir en leur transmettant l'impulsion du vent.

3° *Des navires de transport.* — La nomenclature des navires de transports comprend cinq classes de gabares, savoir:

1° Les corvettes de charge du port de	800	tonneaux.
2° Les gabares de	550 à 450	—
3° —	400 à 350	—
4° —	300 à 250	—
5° —	200 à 150	et au-dessous.

Quant à l'ordre de vues spéciales qui se rapportent à la construction des gabares comme navires de transport, cette destination indique que leurs fonds doivent être tenus plus pleins que ceux des bâtiments de guerre, dont l'une des qualités les plus essentielles est de bien marcher. Toutefois, les progrès de l'architecture navale ont eu pour effet de donner une marche avantageuse à ces sortes de bâtiments, ainsi que plusieurs autres qualités qu'il est difficile de concilier avec la condition d'une grande capacité qu'ils doivent remplir.

Les remarques tout à fait générales auxquelles donne lieu la diversité des navires de transport, rapprochées de celles des bâtiments de guerre spécialement envisagés comme tels, remarques qui peuvent s'appliquer tant à presque tous les navires de commerce, que même sous bien des rapports, à ces mêmes bâtiments de guerre, mais qui ont particulièrement en vue l'espèce de navire dont nous nous occupons ici, sont: Que séparant en deux classes toutes les espèces de navires, et rangeant dans la première les plus petits, ceux dont on se sert pour le cabotage et les courtes traversées; dans la deuxième les plus grands, ceux qu'on emploie aux voyages de long cours et qui sont propres à naviguer sur le vaste océan; les navires de la première classe présentent nombres de différences dans leurs proportions leurs formes, leurs mâtures et leurs gréements; différences qui, d'ailleurs, constituent une sorte de perfectionnement, en ce qu'elles résultent des climats, de l'étendue et de la profondeur des mers, des positions des pays par rapport à chaque mer et entre eux, non moins que la destination particulière des navires; qu'au contraire ceux de la deuxième classe, construite pour le même but se ressemblent chez les diverses nations sous les rapports les plus importants; qu'ainsi, en général, la largeur est entre le tiers et le quart de la longueur, les moindres ayant, sauf des exceptions, plus de largeur, par rapport à la longueur, que les plus grands; que le tirant d'eau est quelque chose de plus ou de moins que la demi-largeur; que la hauteur au-dessus de l'eau, réglée d'ailleurs d'après la destination du navire, est quelque chose de plus ou de moins que cette demi-largeur; que la plus grande largeur est toujours un peu en avant du milieu de la longueur; que les façons de carène sont toujours plus fines à l'arrière qu'à l'avant; que les bâtiments destinés pour la charge sont plus pleins dans les fonds; que les fonds de ceux destinés pour la marche sont au contraire plus taillés; que tous, ou presque tous du moins, ont plus de tirant d'eau à l'arrière qu'à l'avant; que tous ont leur centre de gravité un peu en avant du milieu; que le centre de gravité de voilure est toujours en avant du centre de gravité du bâtiment, etc.

Mais avec ces données générales et dans les limites qu'elles déterminent pour la relation usuelle entre les proportions principales, les formes données aux carènes présentent une infinité de différences dans leurs effets, en produisant un très-grand nombre de qualités ou de défauts, rarement toutes les qualités désirables, quelquefois toutes sortes de défauts. C'est, comme on le voit, que rien n'est aussi difficile que de déterminer les meilleures de ces formes, que de

douer un navire de qualités qui ne se nuisent pas réciproquement.

Il s'est inévitablement écoulé beaucoup de temps avant que l'on ait connu et pu expliquer, même en partie, les principales règles qui viennent d'être posées. On ne lira pas sans intérêt l'aperçu de la marche des progrès successifs que la construction et le gréement du navire, type évident de la gabare, ont vraisemblablement suivie : c'est au *Dictionnaire de marine* que nous l'empruntons :

Lors des premières tentatives faites en vue de naviguer à une certaine distance des côtes, on a dû probablement passer de la galère, nécessairement très-rase sur l'eau (car le besoin de s'élever au-dessus de la mer a dû être senti tout d'abord), à une forme de bâtiment ayant plus de hauteur, et aussi plus de profondeur ou de pied dans l'eau. En même temps, la longueur a dû probablement aussi être diminuée relativement à la largeur, d'une part, et, de l'autre, les mâts courts avec leurs hunes ou gabiers conservés ou peu sensiblement modifiés. On conçoit que les terribles exemples de nombreux naufrages résultant, malgré la timidité des essais, du défaut d'expérience, aient rendu très circonspects dans l'adoption des perfectionnements que l'on pouvait entrevoir, mais auxquels on n'osait s'abandonner, que, par suite, on ait longtemps hésité à risquer de compromettre, pour obtenir l'avantage d'une meilleure marche, ou autres avantages que l'on souhaitait, la sûreté de la navigation, qu'enfin la suprême loi, celle du salut de l'équipage, plus encore que la conservation du navire, ait été la règle limitative des innovations. Cependant quelques succès partiels ayant enhardi, et des observations suivies, que les périls à surmonter rendaient très-perspicaces, étant venues en aide à l'époque où les relations commerciales tendaient à se former ; les proportions principales des navires et entre autres leurs creux ou la capacité de leurs cales, en vue du transport des marchandises, auront sans doute été, quoique timidement encore, augmentées ; la longueur aura été rapprochée de celle des galères avec une largeur plus grande ; on aura aussi commencé à deviner la première de nos règles. Celle du rapport entre la longueur et la largeur en se rapprochant peu à peu ; il en aura été de même des autres principes sur lesquels repose la stabilité à la mer, quoique avec plus de lenteur. On aura vraisemblablement aussi accru les longueurs, ainsi que le diamètre des mâts et des vergues, en embarquant des voiles également plus grandes quoique toujours de la forme primitive (la forme latine) *pour les essayer dans les beaux temps d'abord, puis dans les mauvais.*

Le chouquet aura ensuite été percé pour recevoir un mât supérieur, et sera devenu, à peu près du moins, le chouquet actuel ; vers l'époque de ces premiers progrès, la voile carrée ou trapézoïdale tenue à une vergue horizontale, aura remplacé en partie, comme essai, puis tout à fait, sur le même navire, la voile latine avec son antenne à pic. Cette voile latine aura toutefois été conservée pour les navires perdant peu les côtes de vue, et elle est encore de nos jours, comme on le sait, en usage principalement dans la Méditerranée.

Les formes de la carène auront été, de tâtonnements en tâtonnements, modifiées et améliorées : de progrès en progrès dont la recherche et l'application se rapportaient surtout nécessairement aux voyages de long cours, les diverses parties de la mâture et du gréement auront aussi successivement été améliorées jusqu'au jour où le navire aura été jugé en état d'entreprendre de lointaines excursions.

Ainsi perfectionné, comparativement avec les premiers essais, le navire, remarquons-le, ne pouvait être autre qu'une gabare, quelque nom que l'on ait alors donné à ce résultat de tant de longs efforts successifs ainsi que de perfectionnements qui les ont suivis plus tard ; car, comme nous l'avons fait observer, quant à la grande diversité des autres espèces de bâtiments que nous avons rangés dans la première de nos deux distinctions (ceux destinés au cabotage et aux courtes navigations), c'est la considération des climats, des vents le plus constamment régnant le long des côtes, etc, *qui a déterminé les perfectionnements, et cette diversité même qui constitue le plus notable des progrès en les résumant.*

La gabare a donc été le premier bâtiment dont les plus hardis navigateurs des derniers temps se sont servis pour leurs périlleuses explorations ; ainsi, et à leur tête, c'est avec des gabares que les Portugais découvrent et doublent au XV*e siècle le cap de Bonne-Espérance ; que Christophe Colomb découvre l'Amérique* (*Car la* Santa-Maria, *la* Venta, *et la* Mina, *qui composaient sa flottille, ne pouvaient être que des gabares*) ; *que Vasco de Gama pénètre jusqu'aux Indes ; que Magellan* (*avec la* Vittoria, *autre gabarre encore évidemment*) *passe le fameux détroit qui a conservé son nom,* etc., etc.

Les anciens et éminents services des gabares pour l'accomplissement des grands événements produits par ces découvertes capitales, entre une infinités d'autres ne sauraient être mieux prouvés. Mais sans remonter aussi haut, qui, de nos jours, n'a pas entendu avec admiration parler des glorieux voyages autour du monde effectués par les gabares l'Astrolabe, *la* Zélée, l'Uranie, etc. ? *C'est qu'en effet, cette espèce de bâtiment est le plus propre par son tirant d'eau moindre que celui des bâtiments de guerre de même dimension, par la solidité de sa construction, la capacité de sa cale qui lui permet de prendre des rechanges et des vivres pour de très-longues campagnes, par sa stabilité et par les autres qualités dont elle est suceptible à entreprendre les plus lointaines explorations ; elle est conséquemment appelée, plus spécialement que tout autre bâtiment, à rendre, comme par le passé, d'éminents services à la navigation, au commerce, à la science,* etc.

Convenons, en ce qui concerne l'art de la navigation à voiles que celui de la construction des navires, s'étant de nos jours élevé à une très-grande hauteur par l'application des sciences physiques et mathématiques, il

n'est pas de perfectionnements définitifs que l'on ne doive espérer ?

Pourrait-on en dire autant pour les navires à vapeur Transatlantiques ? Il est facile d'apercevoir le motif pour lequel nous avons reproduit ici les considérations générales qui précèdent; c'était notre introduction la plus rationnelle à la question qui va faire le sujet des deux chapitres suivants.

Voilà les difficultés que le génie des hommes a eu à vaincre. Ce que nous demandons pour la navigation par la vapeur c'est la transition naturelle, scientifique, régulière, fatale, par laquelle la navigation à voiles a passé, transition cent fois, mille fois plus nécessaire au moteur à feu.

Si les voiles, étant des machines primitives, sont grossières, qu'on les corrige, nul ne s'y oppose; mais les rompre en faveur des mécaniques de 500 à 1000 chevaux de vapeur de force, pour joncher le sol de leurs débris, serait un acte de désorganisation et de barbarie.

Dans la note du prince de Joinville sur l'état des forces navales de la France, page 20, on lit :

Il faut ensuite retirer notre confiance aux vaisseaux (à voiles) et nous appliquer à étudier et perfectionner nos bateaux à vapeur, les essayer surtout avant d'en jeter un grand nombre dans le même moule, ce qui, en cas de non-réussite, amène des mécomptes dont nous n'avons vu que trop d'exemples.

Dans la réponse de cette note par M. de la Landelle, capitaine de vaisseau en retraite, page 20, on lit :

Monsieur le prince de Joinville a rassemblé, en finissant, les meilleurs arguments qu'on puisse donner en faveur de la marine à vapeur. Pour la guerre d'agression, pour les bombardements et les descentes, pour la certitude et la promptitude des diversions imprévues, pour la garde du littoral, rien n'égale la nouvelle marine. Pour la garde du littoral selon nous, il faut en outre des vaisseaux (à voiles) combinés avec des vapeurs. Les vaisseaux sont nos boulevards flottants ; la future tactique à vapeur ne les a pas encore réduits au simple rôle de spectateur. Les vaisseaux seront l'artillerie de nos rades, les gardiens de nos arsenaux ; il leur faut des remorqueurs, car le règne de la voile est passé, mais ils ne doivent pas encore être rayés des cadres de nos forces navales.

Nos vœux à nous, sont : que la voile reste ce qu'elle est, ce qu'elle doit être, notre instrument principal pour nos transactions commerciales, et notre arme essentielle pour la défense de nos droits comme puissance maritime. Elle est moins coûteuse d'ailleurs que la vapeur, surtout dans un service continu, elle répond mieux à notre génie, à notre caractère, aux ressources de notre pays. L'aliment de la navigation à feu est la houille, et, peu richement pourvue de ce combustible, la France aurait un double mécompte, sous tous les rapports, à échanger la voile contre la vapeur. Évidemment notre dignité en souffrirait, il y aurait pour nous amoindrissement et déchéance. Les grandes explorations maritimes sont dues à la voile ; c'est aussi à la voile que les peuples de l'univers doivent, depuis près de trois siècles, la prospérité de leurs transactions commerciales. C'est encore à la voile que : les la Gallissonnière, les Bailly de Suffren, les d'Estaing, les de Grasse, les Jean-Bart, les Dugay-Trouin, les Surcouf, les Duquesne, les Tourville, les Duperray, les Dumont-d'Urville, etc., ont dû leurs brillants succès ; viennent de nouvelles découvertes à faire, viennent des circonstances analogues à celles où se sont trouvés ces illustres capitaines, on peut être certain à l'avance de ne pas obtenir, par la vapeur seule, d'aussi éclatants résultats; mais poursuivons :

La science de la navigation embrasse, pour le marin instruit, non-seulement une connaissance spéciale de la manœuvre de tout bâtiment sous le rapport de la conduite du vaisseau selon la direction de la route à suivre, selon l'état de la mer et du temps, selon les courants et les parages, etc., mais encore celle du pilotage, ainsi que les connaissances astronomiques et nautiques d'un ordre élevé qui sont surtout nécessaires en haute mer. De là proviennent les distinctions pour la marine marchande en navigation hauturière ou au long cours, et navigation côtière ou cabotage, lequel se divise lui-même en grand et petit cabotage.

Ces distinctions déterminent les divers degrés d'instructions soit théoriques, soit pratiques, dont les capitaines des navires du commerce doivent justifier.

Les détails dans lesquels nous sommes entrés sur l'origine et les progrès de la navigation chez les divers peuples et l'état de perfectionnement auquel cette science a été amenée jusqu'à nos jours sont évidents et péremptoires. Ajoutons encore qu'à un point de vue général une belle et heureuse navigation est celle qu'on accomplit avec un bon vent, belle mer, et dans le plus court espace de temps possible, relativement à la distance parcourue ; qu'une navigation difficile, dangereuse, est au contraire celle qu'on effectue dans des parages où les vents, les courants, les écueils, etc., forcent à prendre les plus grandes précautions. La navigation à l'aide du vent est, comme on le voit, arrivée à une haute perfection sous les doubles rapports théoriques et pratiques, et l'art de la pyroscaphie est encore presque dans l'enfance.— *Voy.* Pyroscaphie.

Tandis que l'un est pour ainsi dire stationnaire, et ne comporte plus que des améliorations de détail, l'autre se trouve encore dans la première fièvre de la découverte, toujours féconde en métamorphoses, toujours pleine de surprises. Chaque jour des procédés nouveaux font place aux anciens ; aucun principe fondamental, aucune loi ne préside ni aux constructions des coques des navires, ni aux forces à appliquer, tout est dans le vague, soit en chantier, soit à la mer, et ces expériences, réalisées à grands frais,

se détruisent l'une et l'autre sans rien produire d'utile, même pour la science.

Nous compléterons cet exposé en donnant un précis de l'histoire chronologique de la navigation maritime par des moyens autres que les voiles, depuis les temps antiques jusqu'à l'époque actuelle. Quelques notes sur les premières tentatives faites pour employer la vapeur termineront cet article.

Chaque population primitive, en présence de l'océan, a compris que ce n'était point une dernière limite ; loin de là, elle a trouvé dans ses flots qu'elle dut craindre d'abord, un agent puissant et actif dont il était nécessaire d'étudier l'emploi. Ainsi on commença par construire des barques avec des troncs d'arbres creusés sur lesquels s'aventurèrent hardiment les premiers navigateurs. Les peuples de la Gaule, voisins de la mer, n'eurent d'abord que de petits bateaux faits de plusieurs cuirs cousus ensemble, ou d'osier revêtu de cuir; alors ils ne s'éloignaient guère des rivages : mais bientôt leurs navires, en se perfectionnant dans la construction qui fut rendue solide, s'agrandirent, et ils osèrent entreprendre des courses plus longues; puis, de progrès en progrès, on arriva à l'étude des rames, à celle des roues à palettes, enfin à l'étude des voiles.

L'usage des voiles, comme les rames et les roues à palettes, se perd dans la nuit des temps. En effet, on trouve à Pompeï, sur la tombe de Nevoleia, érigée il y a plus de deux mille ans, et parfaitement sculpté, un navire où de petits génies carguent les voiles en entrant dans le port; il fait allusion au commerce maritime qui illustra Caïus Muriatius, son mari, chez les Pompéiens. Cette allusion au commerce maritime se trouve confirmée par Pétrone ; Sat. caput 16, on lit : Trimalcion, qui était marchand, dit à Abine : *Je te prie aussi que les navires que tu sculpteras sur mon tombeau aillent à pleines voiles et que je sois assis en tribunal avec la toge, avec cinq anneaux d'or, ayant à côté de moi un sac rempli d'argent pour le répandre au peuple.*

Du tronc d'arbre dirigé par l'aviron à la barque propulsée par les rames tournantes, à la barque gréée de voiles (plus tard encore, sans doute, on comprit le gouvernail), des siècles s'écoulèrent avant qu'on sût construire une galère. L'usage de revêtir les coques de certains navires de peaux existait encore plus tard chez les peuples habitant l'Irlande, cette plaine de glace, comme dit un auteur latin.

Dans la légende de saint Brandaines on trouve un passage qui a rapport à un voyage d'exploration entrepris par ce moine dans le commencement du VI[e] siècle. Cette relation, tirée du manuscrit 7595 de la Bibliothèque nationale trouve sa place ici, et d'ailleurs elle nous a paru de nature à intéresser le lecteur, sous le rapport de la navigation dans ces temps reculés.

Vers la fin du V[e] siècle de notre ère, c'est-à-dire à peu près au temps où l'épée des Barbares, après avoir percé d'outre en outre le grand empire romain, et s'être baignée dans le sang jusqu'à la garde, fondait définitivement la monarchie française, naquit un enfant; bien que né d'une pauvre femme et dans un pauvre village, il n'en devait pas moins devenir en ces époques anciennes, une des gloires du moyen âge. Cet enfant était saint Brandaines. Élevé dans la célèbre abbaye de Elan-Carven, il prit rang parmi les savants et se fit particulièrement distinguer d'entre ses confrères. Parvenu à ce point de la vie où les autres hommes sont à peine des hommes, Brandaines fait un pèlerinage aux îles Shetland. De retour en Angleterre, poussé par cet esprit religieux qui révélait déjà les croisades, excité par la vue incessante de la mer sur laquelle ses compatriotes se jouaient comme sur un élément qui leur appartient; enthousiasmé par le magnifique spectacle des îles Orcades, avec leurs milliers de colonnes naturelles, plantées comme autant de jalons dans l'Océan, dressées ainsi que de grands index qui vous montreraient le ciel et à travers lesquelles la voix sublime des ondes, soit qu'elle murmure doucement pendant le calme, soit qu'elle mugisse durant la tempête, fait entendre d'ineffables et d'harmonieux concerts, saint Brandaines, qui avait établi en ces lieux plusieurs couvents, résolut, sselon les croyances naïves de ces âges primitifs, d'abandonner son pays, et d'aller à la recherche de l'île de *promission*. Est-ce ici une allégorie, ou une fiction inventée par l'imagination d'un peuple auquel devait échoir l'empire de la mer? Est-ce le récit d'une excursion véritable tentée par Brandaines dans les îles éloignées de l'Angleterre, ou peut-être aussi pour y découvrir la terre des bienheureux ? Toujours est-il que les légendes de cette époque, rapportées par les Bollandistes, considèrent ce voyage comme une chose certaine et que la renommée qu'il acquit fut très-grande au moyen âge. Sur toutes les cartes, on place l'île de Saint-Brandaines au sud de l'île Antilo, à l'ouest des îles du Cap-Vert. Peut-être n'était-ce qu'une excursion à l'île de Madère, aux Açores ou aux Canaries dont le souvenir s'était tronqué dans les récits populaires ? Les premières cartes, en effet, donnent aux Canaries le nom de *Fortunées*, et quelques-unes d'îles de *Saint-Brandaines*. Quoi qu'il en soit, le récit en est curieux, nos lecteurs en jugeront.

Voici le texte de saint Brandaines et des merveilles qu'il trouva dans les mers d'Irlande.

Brandaines fu unes sains homes bons et de grant abstinenche, et nobles en vertus. Come il estoit dans son oratoire, advint que ong abbé vint à lui et le baisa. Si, lui dit Brandaines, biaus père, pourquoi avons-nous tristeche en te venue? demontre-nous la parole de Dieu, et resjois nos âmes de divers miracles que tu as vu en la mer.

Alors l'abbé raconta à saint Brandaines et à ses religieux tout le bonheur qu'il a goûté dans une île appelée Délicieuse, et lors-

qu'il eut fini de parler, les moines furent souper.

Vins, cete nuits passée, reprend l'écrivain, et prise la beneichon de ses frères, saint Brandaines parla à eux et dit : Mi frères, mi ami ; je requiere à vous aide de conseil, car mes cuers et mes pensées sont toutes affolées en une seule volonté. J'ai propensé toute cete nuit, à conquerre la terre de promission ; quel conseil me volez donner? Respondirent tos les religieux, come d'une bouche: Sire votre volonté est notre. Parquoi sommes appareillés d'aler avec vos soit à mort ou à vie. De sorte que s'en u la bien vers l'occident XXIII *frères, et vinrent en la deeraine partie d'une région ou soit une haute montagne qui s'avance loin dans la mer. Saint Brandaines et cils qui estoient avec li prirent ferrements et bois et s'y firent une nachièle très-legère comme est costume en ces parties et le couvrirent de cuir de buef tanné et joignirent les jointures d'autres piaus, et se mirent en le nef, toutes choses profitables en la vie humaine; puis saint Brandaines commanda ses frères entrer en la nachièle. Saint Brandaines entra enfin dans le nef, et commencierent à naviguer à voiles estendues, en contre le midi. Ils avoient bon vent, et n'avoient autre mestier en peine fort tenir les voiles; quant à environ XV jors qu'ils se fussent departis, leur cessa li vens. Ci commenchieres à noyier tout qu'ils ne purent plus, dont se mit saint Brandaines à conforter, à monester et dire : Biaus frères, ne veillez mi crainte avoir, car Dieu est nos aidières et nos notonniers ; metez dehors tos vos novirons et laissés le governail, tout seulement les voiles tendues, et Dex fache ansi com il veut de ses serrans et de le nef. Et ainsi firent-ils, com ils étoient à la vesprée ils eurent tout à coup vent, sans savoir d'où il venoit ni où leur nef estoit portée. Quand XI jors furent passés et qu'ils eurent tout dépendu chose que il tenoit par leur virre, il leur apparut une île devers le septentrion, meult pleins de prières ils virent au rivage*, etc.

Enfin, après une multitude de traverses et une longue navigation, saint Brandaines, au dire du chroniqueur, conquit la terre de *promission*, et après sept ans que dura son pèlerinage, il retourna en son pays où il mourut le 15 mai 578, le même jour où, chez nous, Frédégonde fit assassiner le saint évêque Prétextat dans l'église Saint-Pierre à Paris ; mais revenons à notre histoire chronologique.

Le mouvement sur la surface de l'eau dépendit donc dans l'enfance de la navigation, soit de la puissance manuelle de l'homme sur les avirons, soit de la puissance des roues à palettes mues par des animaux, soit enfin de l'action du vent sur les voiles. Il paraît que, dans l'antiquité, les roues furent pour les navires de guerre un locomoteur fort en usage. En effet, on a trouvé de vieilles effigies représentant des *liburnes* (vaisseaux de guerre des anciens), armés de trois paires de roues mues par trois paires de bœufs.

Pendant la première guerre Punique, une armée romaine fut transportée en Sicile sur des navires qui marchaient au moyen de roues que des bœufs faisaient tourner. Robert Valturio, à la fin du XVe siècle, dans son ouvrage intitulé *De re militari* (1472), décrit, parmi diverses machines navales, des vaisseaux portant des roues à palettes.

1693. Duquest fait à Marseille un essai de roues tournantes pour faire avancer les bateaux sans le secours du vent et propose dans le même but l'emploi de l'hélice. Le prince Rupert construit sur la Tamise un bateau armé de roues à palettes mues par des chevaux, et qui fonctionna devant Papin, devant Savary et Worchester. C'est d'après cette expérience que Papin a émis l'idée qu'on pourrait un jour remplacer les chevaux par la machine atmosphérique dont il étudiait alors les détails.

1751. Le prince Maurice de Saxe, maréchal de France, décrit et propose des bateaux à manége et à roues à palettes.

1799. Le comte Battyangi, seigneur hongrois, construit à Vienne et fait naviguer sur le Danube un grand bateau armé de roues à palettes, mues par des hommes marchant dans une grande roue placée au centre du bateau.

1803. Le marquis Ducrest, de l'Académie des sciences, après avoir décrit en 1777 l'essai infructueux d'un bateau à vapeur, tenté en 1775 par M. C. Perrier, de l'Académie des sciences, renonce à tout espoir de succès dans l'application de la vapeur à la navigation et conseille l'emploi des chevaux pour mettre en mouvement des roues adoptées aux bateaux.

Dans des temps moins reculés, ce fut avec un certain succès qu'on se servit de roues ; elles furent en usage sur les galères dans la Méditerranée. Avec les roues et les rames toute direction était permise et l'on pouvait affronter le vent, la mer et les courants, lorsque la force appliquée sur ces leviers était suffisante.

La navigation, en s'étendant sur toutes les mers, changea totalement la forme des navires ; on fut obligé de les construire pour les parages lointains qu'ils devaient visiter, et l'art de la construction faisant toujours de nouveaux progrès, l'on atteignit des proportions tellement colossales, qu'on dut abandonner la rame pour n'avoir recours qu'à la seule puissance du vent. Le désir de raccourcir la longueur des voyages en bravant les calmes et les vents contraires enfanta la navigation par la vapeur. La force élastique de la vapeur était connue des anciens ; d'après quelques auteurs il paraîtrait que les prêtres égyptiens et ceux du dieu Brutisch adoré sur les bords du Vesco par les Teutons, s'en servaient pour produire des prodiges qui effrayaient le peuple ; chez les premiers, on faisait ouvrir les portes d'un sanctuaire pour l'inflammation des bûchers des autels ; chez les seconds, on remplissait de vapeur la statue du dieu qui faisait sauter avec fracas, dans les réunions solennelles, les coins appliqués sur les ouvertures des yeux et de la bouche. Aristote et Sénèque at-

tribuent les tremblements de terre à la transformation subite de l'eau en vapeur. Enfin Archimède en aurait fait usage au siége de Syracuse. Néanmoins le premier exemple connu de l'emploi de la vapeur comme force motrice appartient sans contestation à *Héron* d'Alexandrie, dit l'ancien, qui vivait 120 ans avant Jésus-Christ ; il s'en servit au moyen d'une petite machine à réaction.

Nota. Héron d'Alexandrie, dit l'ancien, vivait il y a plus de deux mille ans. La plupart des nombreux ouvrages qu'il composa sont perdus, il n'en reste que trois. La petite machine à réaction dont il est question se trouve décrite et représentée dans le traité intitulé : *Spiritalia seu Pneumatica;* mais la vapeur dans cet appareil y agit tout autrement que dans les machines modernes. Pour produire le mouvement rotatif par la réaction de la vapeur, la force expansive de la vapeur avait issue d'une sphère montée sur un axe, par deux petits tubes tangents et partant du côté opposé du diamètre équatérial de la sphère. La sphère recevait la vapeur par un conduit qui communiquait avec un vase d'eau bouillante et qui passait dans la sphère par un de ses pôles. Watt, à qui les essais du mécanicien grec n'étaient pas inconnus, croyait qu'on ne pourrait jamais en tirer rien d'utile ; d'autres personnes, au contraire, augurent assez favorablement des effets qu'il serait possible d'obtenir avec le mécanisme d'Héron perfectionné, et le docteur Durvin assure que des savants anglais s'occupent en ce moment même de construire une machine à vapeur et à réaction : le temps et l'expérience prononceront.

Pendant seize siècles environ, il ne paraît pas que le génie de l'homme se soit préoccupé de ce moteur pour l'appliquer aux arts: Blasio de Garray, serait le premier qui entreprit, en 1543, d'en faire l'application à la navigation dans le port de Barcelone, en présence de l'empereur Charles-Quint. Mais aucune description de son appareil n'est arrivée jusqu'à nous. Disons toutefois que d'après les recherches très-curieuses de M. le capitaine de vaisseau de Montgery, il paraîtrait certain que les Orientaux et surtout les Japonais auraient connu et auraient employé la force de la vapeur longtemps avant les Européens.

Nota. — *Blasio de Garray, capitaine de mer, proposa, l'an 1543, à l'empereur et roi Charles-Quint une machine pour faire aller les bâtiments et les grandes embarcations, même en temps de calme, sans rames et sans voiles.*

Malgré les obstacles et les contrariétés que ce projet essuya, l'empereur ordonna que l'on fît l'expérience dans le port de Barcelone ; ce qui effectivement eut lieu le jour 17 du mois de juin de ladite année 1543. Garray ne voulut pas faire connaître entièrement sa découverte ; cependant on vit, au moment de l'épreuve, qu'elle consistait dans une grande chaudière d'eau bouillante et dans des roues de mouvement attachées à l'un et à l'autre bord du bâtiment.

On fit l'expérience sur un navire de 200 tonneaux, appelé la TRINITÉ, *arrivé de Colibre pour décharger du blé à Barcelone, capitaine Pierre de Scarzo. Par ordre de Charles-Quint, assistèrent à cette expérience Don Henry de Tolède, le gouverneur Dom Pierre de Cordova, le trésorier Ravago, le vice-chancelier et l'intendant de la Catalogne.*

Dans les rapports qu'on fit à l'empereur et au prince, tous approuvèrent généralement cette ingénieuse invention, particulièrement à cause de la promptitude et de la facilité avec laquelle on faisait virer de bord le navire. Le trésorier Ravago, ennemi du projet, dit qu'il irait deux lieues en trois heures ; que la machine était trop compliquée et trop coûteuse, et que l'on serait exposé au péril que la chaudière éclatât. Les autres commissaires assurèrent que le navire virait de bord avec autant de vitesse qu'une galère à rames manœuvrée suivant la méthode ordinaire et faisait une lieue par heure pour le moins.

Lorsque l'essai fut fait, Garray emporta toute la machine dont il avait armé le navire ; il ne déposa que les bois dans les arsenaux de Barcelone et garda tout le reste pour lui.

Malgré les oppositions et les contradictions faites par Ravago, l'invention de Garray fut approuvée, et si l'expédition dans laquelle Charles-Quint était alors engagé n'y eût mis obstacle, il l'aurait sans doute favorisée. Avec tout cela, l'empereur avança l'auteur d'un grade, lui fit cadeau de 200,000 maravédis (50,000 fr.), ordonna à la Trésorerie de lui payer tous les frais et dépenses, et lui accorda en outre plusieurs autres grâces.

Cela résulte des documents et des registres originaux que l'on garde dans les archives royales de Simoncas parmi les papiers de l'état du commerce de Catalogne et ceux des secrétariats de guerre, de terre et de mer dudit an 1743.

Simoncas, 27 août 1825.

Signé Thomas GONZALÈS.

Il résulterait de la note qu'on vient de lire que les navires à vapeur sont une invention espagnole, et que de nos jours on l'a seulement fait revivre ; de là découlerait aussi la conséquence que Blasio de Garray doit être considéré comme le véritable inventeur des machines à feu ? M. Arago, dans l'*Annuaire des longitudes* 1837, repousse ces prétentions par trois motifs que voici . 1° parce que le document dont il s'agit n'a été imprimé ni en 1543, ni plus tard ; 2° parce qu'il ne prouve pas que le moteur de la barque de Barcelone était une véritable machine à vapeur ; 3° parce que Garray n'ayant voulu montrer sa machine à personne, pas même aux commissaires que l'empereur avait nommés, on doit croire selon toute apparence, si une machine à vapeur de Garray a jamais existé, que c'était l'éolipyle à réaction déjà décrite dans les œuvres d'Héron et dont Garray avait pu avoir connaissance.

Le docteur Renwick, dans son Histoire de la navigation par la vapeur, dit : *que l'ex-*

périence de Garray était restée inconnue jusqu'à ce que le mémoire qui en contient la description fût découvert dans les anciennes archives de la Catalogne ; elle n'avait été d'aucune utilité pour la science et elle ne peut, par conséquent, être considérée que comme l'objet d'une recherche curieuse et non comme un trait digne d'être cité historiquement.

Plus tard, 1563, on rencontra un certain Walhesine, inventeur d'une éolipyle agissant par la vapeur.

Nous avons vu plus haut l'opinion d'Aristote et de Sénèque sur la force élastique de la vapeur; or, les grands effets qu'ils veulent expliquer montrent bien de quelle énorme puissance la vapeur leur semblait douée. Par suite des expériences des temps modernes, il a été démontré que l'eau réduite en vapeur peut, à la longue, rompre les parois des vases qui la renferment. Flurence Rivault, dès 1605, dit expressément que les éolipyles crèvent avec fracas quand on empêche la vapeur de s'échapper; il ajoute même : « L'effet de la raréfaction de l'eau a de quoi épouvanter les plus assurés des hommes (*El. d'art.*, page 128, Paris, 1605). » Enfin, apparaît de Caus en 1615, qui ouvre la carrière au progrès qui nous a donné, deux siècles et demi après lui, cette admirable machine à vapeur rendue par Watt applicable à tous les genres d'industrie. Caus, comme Rivault, avait expérimenté sur la raréfaction de l'eau, et voici l'explication qu'il donne à ce sujet dans son ouvrage intitulé : *Les raisons des forces mouvantes*, livre Ier, feuille 1re : *La violence sera grande quand l'eau s'exhale en l'air par le moyen du feu et que ledit air est enclos, comme, par exemple, soit une boule de cuivre d'un pied ou deux en diamètre et épaisse d'un pouce, laquelle sera remplie d'eau par un petit trou, lequel sera bouché bien fort avec un clou, en sorte que l'eau n'en puisse sortir : il est certain que si l'on met ladite boule sur un grand feu, en sorte qu'elle devienne fort chaude, qu'il se fera une compression si violente que la balle crèvera en pièces avec bruit semblable à un pétard.*

Depuis Garray jusqu'à de Caus, nul ne paraît s'être occupé de l'application de la vapeur à la navigation; mais la machine de ce savant en avait fait conserver la possibilité, et à partir de 1663 jusqu'en 1756, les personnes ci-après proposent et décrivent cette application en indiquant les moyens ou en les perfectionnant, sans toutefois faire d'essais, savoir : 1° le marquis de Worchester; 2° Samuel Morland; 3° Denis Papin ; 4° Savary ; 5° Newcomen et Cowlay; 6° Brigton et Humphry Polter ; 7° Jonathan J-Bulls ; 8° de Bernouilli et l'abbé Gautier.

NOIR ANIMAL. — Toutes les fois qu'on calcine, à l'abri du contact de l'air, une matière animale quelconque, on obtient pour résidu un charbon animal. Parmi tous les charbons qu'on peut obtenir de cette manière, celui provenant de la calcination des os est le plus généralement employé.

Le noir d'os a deux applications principales : 1° Il sert à enlever à diverses solutions, particulièrement aux sirops, leur matière colorante ; 2° on en fait un grand usage en peinture.

Le charbon animal qu'on rencontre dans le commerce ne présente pas toujours une composition identique ; elle varie selon que les os ont été plus ou moins calcinés. M. Bussy a trouvé que le noir animal avait la composition moyenne suivante :

Charbon contenant 6 à 7 p. 0/0 d'azote.	10
Carbure et siliciure de fer.	2
Phosphate basique de chaux	88
Carbonate de chaux.	
Phosphate et carbonate de magnésie	
Sulfure de fer.	
Sulfure de calcium.	
TOTAL	100

Les trois derniers corps n'y entrent qu'en faible proportion. Quand le charbon a été trop fortement chauffé il ne renferme presque plus d'azote, alors il est devenu brillant et dense.

Le noir animal provenant des matières molles non terreuses est plus azoté ; il renferme quelquefois 77 p. 100 de carbone, le reste étant de l'azote à l'exception d'une légère proportion de sels.

La découverte des propriétés antiputrides et décolorantes des charbons en général, est due au chimiste russe Lowitz; Kels et Scaub en 1800 continuèrent ses expériences et arrivèrent au même résultat.

La première application utile du charbon à la purification du sucre brute des colonies fut faite par Guillon, qui apporta sur nos marchés des quantités considérables de sirops décolorés par la poudre de charbons de bois, sirops qu'il vendit avec avantage, car ils étaient de beaucoup supérieurs aux cassonades de cette époque.

En 1811, M. Figuier de Montpellier reconnut que le charbon d'os possède un pouvoir décolorant très-supérieur à celui du charbon végétal.

Une année après, M. Charles Derosne proposa l'emploi du charbon animal pour la décoloration des sirops dans le raffinage du sucre où l'on faisait usage du charbon de bois. Cette substitution, dont l'utilité fut démontrée par MM. Payen et Pluvinet, fut généralement adoptée ; car on obtint par son emploi 10 p. 100 de plus de sucre cristallisé, et les seconds sirops donnèrent des sucres d'une qualité supérieure à celle obtenue auparavant. La quantité de noir animal employée aujourd'hui est considérable, car, en moyenne, il faut 1 kilogr. de noir pour 1 kilogr. de sucre sortant de la fabrique.

La Société de pharmacie de Paris mit au concours, en 1821, une série de questions sur les qualités décolorantes du charbon et sur son genre d'action. Trois mémoires furent couronnés : ceux de MM. Bussy, Payen et Desfosses. C'est aux travaux remarquables de ces savants qu'on doit la théorie de la décoloration ; ils établirent que : 1° le charbon agit seul dans l'acte de la décolora-

tion; 2° l'action de ce corps est d'autant plus grande qu'il est plus divisé et offre plus de surface; 3° la division mécanique n'a pas d'influence sensible sur le pouvoir décolorant qui est uniquement relatif à la division chimique ou à l'écartement des molécules; 4° quelle que soit leur origine, les charbons brillants décolorent mal, tandis que les charbons ternes ont une action décolorante très-prononcée; 5° les matières salines, en s'interposant entre les molécules de carbone, s'opposent à l'influence du calorique qui tend à les agréger pendant la carbonisation, mais que du reste elles n'absorbent pas de matière colorante; 6° la décoloration s'opère mieux avec un liquide *neutre* ou *un peu acide*, qu'avec un liquide *alcalin;* 7° les matières colorantes sont mieux enlevées à chaud qu'à froid; 8° le charbon agit en attirant à sa surface, sans les décomposer, les matières colorantes; 9° le rapport des pouvoirs décolorants change avec les liquides colorés, comme le prouve le tableau suivant. dû à M. Bussy :

ESPÈCES DE CHARBON.	Poids.	Indigo d'épreuve consommé.	Mélasse d'épreuve consommée.	Décoloration par l'indigo.	Décoloration par la mélasse.
	gr.	litres.			
Sang calciné avec potasse.	1	1,60	0,18	50	20
— avec craie.	1	0,57	0,10	18	11
— avec phosphate de chaux.	1	0,38	0,09	12	10
Gélatine calcinée avec potasse.	1	1,15	0,14	36	15,5
Empois calciné avec potasse.	1	0,34	0,08	10,6	8,8
Albumine calcinée avec potasse.	1	1,08	0,14	34	15,5
Charbon d'acétate de potasse.	1	0,18	0,04	5,6	4,4
— de carbonate de soude par le phosphore.	1	0,38	0,08	12,0	8,8
Noir de lampe calciné.	1	0,128	0,03	4	3,3
— avec potasse.	1	0,55	0,09	15,2	10,6
— d'os traité par l'acide hydrochlorique et la potasse.	1	0,45	0,18	45,0	20
— par l'acide hydrochlorique.	1	0,06	0,015	1,87	1,6
Huile calcinée avec phosphate de chaux.	1	0,064	0,017	2	1,9
Noir d'os cru.	1	0,032	0,009	1	1,0

Quelques emplois du noir d'os ont fait présumer qu'il absorbait les matières odorantes avec plus de force que le charbon végétal. De nombreuses expériences tendent à prouver que le noir animal absorbe aussi les principes amers des extraits d'un grand nombre de plantes; le noir végétal agit de même, mais plus faiblement. Les gaz putrides et les autres produits de la putréfaction en solution dans les liquides sont absorbés très-activement par le noir animal; de là l'emploi avantageux de ce corps pour purifier les citernes, les étangs, etc. Différentes matières inorganiques en solution dans l'eau, comme la chaux, les sels de plomb solubles, le sulfate de protoxyde de fer, sont absorbées par le charbon animal, et même, d'après M. Girardin, tous les genres de sels, à peu d'exceptions près, sont attaqués par le noir animal qui absorbe les matières inorganiques même à froid, propriétés qui n'ont été reconnues au charbon végétal qu'à l'égard des sulfures alcalins.

La cause qui rend le charbon végétal moins efficace que le charbon animal provient de la vitrification de sa superficie.

Les charbons tirés des substances animales molles sont brillants, aussi ont-ils peu d'énergie. Différents schistes bitumineux ont une action décolorante marquée sur les sirops, mais plus faible toutefois que celle du noir d'os : les lignites et la plupart des houilles ne décolorent en aucune manière.

La fabrication du charbon animal a pris, depuis quelques années, une grande extension, car l'usage s'en est accru considérablement; aussi chercha-t-on non-seulement à augmenter la production de cette matière, mais encore on fit de nombreux essais pour révivifier le noir qui avait déjà servi, c'est-à-dire pour lui rendre sa première force décolorante, très-restreinte par la décoloration des sirops dont il est l'agent principal.

La fabrication du noir animal, c'est-à-dire la calcination des os, s'effectue à l'aide de deux systèmes d'appareils tout à fait distincts. Dans le premier procédé, on calcine les os à l'abri du contact de l'air, et on recueille les produits volatils qui se dégagent; dans le second procédé, au contraire, on brûle les gaz qui servent alors à élever la température des fours où s'opère la fabrication. L'appareil employé dans le premier de ces deux procédés se compose de grands cylindres horizontaux en fonte, dans lesquels on introduit les os à calciner. Chacune de ces espèces de cornues est terminée par un tuyau de 0m 08, à 0m 10 de diamètre qui conduit les produits de la distillation dans un réfrigérant. — *Voy.* Bleu de prusse.

Les cylindres sont placés dans un fourneau et chauffés par un ou plusieurs foyers. La marche de l'opération est des plus simples : après avoir concassé les os, on en retire la graisse en les chauffant dans une chaudière pleine d'eau, puis on les place dans les cornues de distillation qu'on ferme alors à l'aide d'obturateurs en fonte. Les joints sont garnis de terre grasse. On chauffe graduellement de manière à porter les ap-

pareils au rouge cerise, température qu'on maintient pendant trente-six heures, au bout desquelles on retire le charbon incandescent qui est reçu dans des étouffoirs où il se refroidit à l'abri du contact de l'air. Froid, on le porte au moulin qui doit opérer son broyage. Les produits gazeux qui se dégagent des cornues se condensent dans des tuyaux nombreux autour desquels circule, en sens inverse, un courant d'eau froide qui s'échauffe graduellement et qui peut, une fois chaude, être employée au débouillissage des os. Les produits condensés servent à la préparation des sels ammoniacaux. Le noir obtenu par ce procédé, dû à M. Payen, paraît décolorer les sirops moins énergiquement que celui préparé par le second procédé que nous allons décrire; en outre, la quantité considérable de combustibles employée n'est pas toujours payée par les produits ammoniacaux obtenus.

Dans la seconde méthode de préparation du noir animal, on renferme les os dans de grandes marmites en fonte que l'on renverse l'une sur l'autre, orifice contre orifice, et qui sont lutées au moyen d'un peu d'argile. Chaque paire de marmites est portée dans un four solidement établi en briques réfractaires, où on les empile jusqu'à ce que tout l'espace soit rempli.

On emploie avec avantage aujourd'hui des marmites qu'on place les unes sur les autres, et qui sont faites de telle manière que le fond de la marmite supérieure ferme hermétiquement l'ouverture de celle qui est au-dessous; cette modification en simplifie beaucoup le remplissage. On élève lentement la température de l'appareil, les gaz qui s'échappent par les joints des marmites s'enflamment, et par leur combustion augmentent la température de la masse en la maintenant toujours au même degré. Quand toutes les marmites ont atteint le rouge blanc, on arrête le feu et on laisse refroidir assez pour qu'on puisse décharger le four; les pots, nettoyés de leur lut sec, sont vidés de leur noir qu'on porte au moulin.

Le broyage du noir animal s'opère soit à l'aide de meules verticales tournant sur un plan horizontal, soit au moyen de meules horizontales comme celles employées dans la mouture des céréales. — *Voy.* Moulins.

On fait également usage de cylindres cannelés en fonte pouvant se rapprocher ou s'écarter à volonté suivant la grosseur qu'on veut donner au noir animal; ce dernier appareil est le plus généralement employé. Le noir broyé est passé au blutoir pour séparer les grains de la folle farine et des parties mal broyées. Le noir en grains et en poudre est mis dans des sacs et expédié aux consommateurs.

Le noir en poudre ne peut servir qu'une fois au raffinage du sucre, après quoi il est utilisé comme engrais dans l'agriculture; le noir en grains peut servir presque indéfiniment en subissant de temps en temps une révivification. La révivification du charbon animal qui a servi s'opère de plusieurs manières: on emploie la fermentation, le lavage et, en dernier lieu, la calcination. Le noir mis en tas fermente rapidement, le sucre qu'il renferme se transforme en alcool, puis en vinaigre, qui dissout le carbonate de chaux contenu dans le noir, quelquefois même, surtout dans la fabrication du sucre indigène, la quantité de carbonate de chaux est assez grande pour nécessiter des lavages à l'acide hydrochlorique étendu, marquant 2° B, puis on lave quatre fois à l'eau pure, après quoi on calcine.

Si le noir ne renferme pas beaucoup de sels calcaires, on se contente de le laver à l'eau avant de le calciner; quelquefois même, pour une première et une deuxième révivification, on se contente de calciner directement. La calcination du noir animal détruit les matières organiques qu'il contient; l'appareil qui réussit le mieux pour cette opération est celui de M. Derosne; il consiste en un cylindre en tôle, tournant sur un axe et ayant 4 mètres de longueur sur 0m60 de diamètre. Un homme imprime à cet appareil un mouvement de rotation très-lent; le noir s'engage à l'aide d'un pas de vis le forçant à entrer par le côté le plus élevé du cylindre qui est incliné. Le noir parcourt toute la longueur de l'appareil qui est disposé sur un four ayant deux foyers; arrivé au tiers de sa course, le noir est desséché dans le reste du cylindre; il est porté au rouge sombre. On peut apprécier la température du noir à l'aide d'un bouchon de paille sur lequel on en fait tomber un peu; la paille doit seulement être roussie, mais non enflammée. Le noir en tombant est reçu dans un étouffoir. A l'aide de cet appareil la révivification de 100 kilog. de noir revient à 1 franc, tandis que la fabrication d'une même quantité de noir neuf coûte 20 francs.

On a tenté aussi pour révivifier le noir, l'emploi d'un appareil nommé *culotte* en raison de sa forme; il est composé de neuf cylindres en fonte de 4 mètres de hauteur sur 0m12 de diamètre, et bifurqués à leur partie inférieure; un seul foyer sert à chauffer ces neuf tubes contenus dans un même fourneau; chaque tube de la bifurcation de ces tuyaux se ferme par une *tirette* qu'on ouvre quand la calcination est assez avancée.

Malheureusement les tuyaux en fonte s'usent rapidement, aussi a-t on cherché à remplacer ce système par une espèce de haut-fourneau en briques, de 5 mètres de hauteur sur 2 mètres de large et qui donne un noir bien révivifié. Dans les divers appareils destinés à la production du noir, un même défaut existe, c'est celui de calciner à blanc une partie du noir.

Un procédé à l'abri de ce reproche est celui imaginé par MM. Thomas et Laurens: il consiste à soumettre le noir à l'action directe de la vapeur à 2 atmosphères, mais chauffée dans un serpentin en fer à une très-haute température. La révivification qu'on produit à l'aide de ce procédé se fait parfaitement et ne donne aucun déchet.

Malheureusement les appareils de ces messieurs sont sujets à des explosions, même quand on a soin de les garnir d'une soupape de sûreté; car si la vapeur est trop chauffée, l'eau peut se décomposer en présence du fer, et l'hydrogène, arrivant dans l'appareil où se met le noir, peut y former un mélange explosif qui, trop chauffé, s'enflamme en détruisant l'appareil.

La propriété décolorante des noirs s'essaye au moyen d'une dissolution de caramel : plus la décoloration est complète, plus le noir est décolorant. M. Payen a imaginé, pour l'essai des noirs du commerce, un appareil très-ingénieux nommé *décolorimètre*. — *Voy.* Sucre (1).

NORIA. — Cette noria, dont la première idée nous vient des Arabes, et pour laquelle M. Gatteaux a obtenu le prix de 1,000 fr., mis au concours par la Société d'encouragement, se compose : 1° d'un bâti en charpente, dont les sommiers reposent sur la margelle du puits; deux traverses assemblées dans des montants portent les collets des axes des grandes roues et du pignon. Le mécanisme est formé de deux plateaux parallèles creusés, en fonte de fer; ils sont montés sur deux disques de bois fixés à un arbre par deux croisillons boulonnés. En avant du premier disque et à une distance de deux pouces, est placée une roue à crochet en fonte percée à sa circonférence de quarante-huit trous recevant des chevilles qui forment une roue dans laquelle engrène le pignon qui est monté sur un petit axe portant une manivelle et un volant; un cliquet d'arrêt, en tombant sur les dents du rochet, empêche le retour; sa chaîne est composée de barres de bois réunies par de petits axes; les seaux sont placés entre les deux branches de la chaîne et à la distance qui varie suivant la profondeur des puits. L'axe auquel le seau est fixé, traverse ce seau presque à son centre de gravité; il est aussi attaché à l'axe du chaînon placé immédiatement au-dessus par une petite fourchette. Cette fourchette embrasse de ses deux branches l'épaisseur du seau; les extrémités de ces branches sont fixées par des vis sur les faces extérieures du seau et peuvent tourner sur ces vis. Entre les deux plateaux crénelés et à la hauteur de l'axe, s'élève une cuvette qui reçoit l'eau des seaux; elle porte intérieurement un large tuyau qui passe sous le plateau du côté opposé à la manivelle, et s'élève à la hauteur de l'axe, de manière que l'eau reprend le niveau de la hauteur à laquelle on l'a élevée. Au fond du puits et entre les branches de la chaîne sont placés deux disques pleins, sans créneaux qui maintiennent l'écartement de la chaîne. La manivelle étant mise en mouvement, le pignon fait tourner la roue ainsi que les deux disques crénelés montés sur le même axe. La chaîne, en passant dans les positions successives qu'elle peut prendre sur les plateaux, donne aux seaux l'inclinaison nécessaire pour le versement qui s'opère aussitôt que le seau est arrivé à la hauteur de l'axe; le basculement est aidé par la petite fourchette, et quand le seau est entièrement vide, il se retourne et reprend sa première position. En descendant, l'obliquité de sa paroi supérieure force l'air à se vider à mesure que le seau s'emplit; une noria peut élever, en une demi-heure et à l'aide d'un homme, un mètre sept cent quatre-vingt-douze cubes d'eau à la hauteur de trente-six pieds, ou mille pieds cubes dans une journée de dix heures. Si l'on veut obtenir des résultats plus marqués, on peut établir un manége et faire tourner le cheval autour du puits. (*Société d'encouragement*, 1820, page 264 et 277.) — La Société d'encouragement a jugé avec raison que l'importation d'un objet aussi utile que celui dont nous venons de donner la description, méritait le prix qu'elle eût accordé à la personne qui aurait inventé quelque chose analogue; le résultat d'une bonne importation est le même pour le public que celui d'une invention.

Noria simplifiée. — Perfectionnement de M. Burel, chef de bataillon du Génie. 1815. — Cette noria est disposée pour être placée sur la bouche d'un puits ordinaire, et pour être mise en mouvement par un cheval tournant autour du puits, de manière qu'il n'est pas nécessaire de se servir d'engrenage. Pour cet effet, l'arbre de la lanterne qu'embrasse la double chaîne sans fin à laquelle les godets sont attachés, sert en même temps de levier du manége. Cet arbre est porté vers le milieu de sa longueur par une roue de voiture, à laquelle il est fixé, de manière qu'en faisant circuler celle-ci autour du puits, la lanterne, placée au centre de l'orifice, éprouve en même temps le mouvement de rotation qui fait tourner la chaîne des godets, et celui du levier du manége dans le plan horizontal; et, afin que la lanterne reste toujours au-dessus et au milieu du puits, elle est portée par un petit équipage muni de deux roulettes à gorge de poulie, qui roulent sur le bord extérieur de la margelle, et d'un cylindre vertical qui en parcourt la circonférence intérieure. L'eau élevée par les godets tombe, à travers les fuseaux de la lanterne, dans une auge portée par l'équipage qui la verse au delà de la margelle dans une rigole circulaire, d'où elle se répand sur la terre qu'on veut arroser. M. Burel a établi une noria qui élève dix-huit cents litres d'eau par heure du fond d'un puits qui a neuf mètres de profondeur au-dessous de sa margelle. Elle pèse, avec ses godets et équipages, quatre-vingts kilogrammes; elle exige, pour être mise en mouvement et à vide, six à sept kilogrammes et coûte environ cinquante francs. [*Bulletins de la Société d'encouragement*, tome XIV, page 227 (1)].

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

(1) Extrait du *Dictionnaire des découvertes*



ŒUFS. (Incubation artificielle.) — L'art de couver artificiellement les œufs et de faire éclore les poulets est une des inventions les plus curieuses de l'homme, comme la reproduction d'un acte encore mystérieux de la nature. Mais on s'explique facilement cette découverte dans un pays aussi chaud et aussi sec que l'Egypte, et dont les habitants ont chaque jour sous les yeux plusieurs espèces d'animaux qui laissent couver leurs œufs dans le sable à la chaleur du soleil. De l'observation de ce fait à l'imitation artificielle du procédé il n'y avait qu'un pas (1). On trouve en effet quelques mots sur cette industrie des Egyptiens dans Aristote et dans Diodore de Sicile. Il n'en est aucunement question dans Hérodote, d'ailleurs si exact dans la description de tout ce qu'il a vu de remarquable en Egypte, d'où l'on peut conclure que cet art est né dans l'intervalle écoulé entre les époques où écrivaient Hérodote et Aristote. Aujourd'hui, cet art est encore florissant dans l'Egypte, qui lui doit la grande abondance de volailles dont elle est pourvue. L'éclosion des œufs paraît, d'après quelques mots de Pline, avoir eu lieu d'abord dans des couches de fumier où la fermentation développe une chaleur douce et régulière, procédé employé depuis par Réaumur; mais, vers le temps de Pline le naturaliste, on y substitua l'emploi des fours artificiellement chauffés, où les œufs étaient placés sur des lits de paille. Ces fours, appelés *mamals*, existent encore aujourd'hui. Ils sont banaux et communs à vingt ou vingt-cinq villages. Ils consistent en plusieurs systèmes de chambres accouplées, construites en maçonnerie très-épaisse presque entièrement enterrées sous le sol, et auxquelles on n'arrive que par un long corridor, défendu encore par des cloisons, dispositions merveilleusement bien combinées pour obtenir la température parfaitement égale qui est nécessaire au développement des poulets. Les Egyptiens n'ayant, en effet, que des procédés de chauffage grossiers, c'est par la masse de maçonnerie qu'ils ont été obligés d'en régulariser les effets.

Chaque système se compose d'une chambre inférieure et d'une chambre supérieure, communiquant entre elles par une ouverture centrale, et, avec le corridor, par des ouvertures. On place 6,000 à 7,000 œufs dans la chambre inférieure sur de la paille; on fait, pendant les huit ou dix premiers jours seulement, du feu dans des rigoles réservées à l'entrée de la chambre supérieure, en y brûlant le combustible de l'Egypte, des mottes composées de bouse de vache, de fiente de chameau et de paille; la fumée s'échappe par l'ouverture de la chambre supérieure et par celle de la voûte du corridor, et la chambre inférieure s'échauffe par la transmission de la chaleur du four supérieur. Trois ou quatre heures de feu suffisent par jour; plusieurs fois par jour on remue les œufs pour en égaliser la température.

Vers le dixième jour, après avoir visité les œufs à la lumière, et enlevé ceux qui sont mauvais, on les monte tous dans la chambre supérieure, où les mêmes soins leur sont donnés, et enfin, vers le vingt et unième jour, les poulets éclosent. On les rend alors aux propriétaires des œufs, ou on les vend à la trentaine. Leur nourriture paraît être de la farine de millet. Les poulets, avant d'être mis à l'air, sont placés dans la galerie centrale pour les accoutumer lentement à la température extérieure.

L'art de conduire les mamals est resté concentré dans le seul village de Bermé, dans le Delta, et chaque année les Berméens, au commencement de l'automne, se répandent dans toute l'Egypte pour y exercer leur industrie, qui exige évidemment une grande expérience pratique. Pour prix de leurs soins, il prennent tous les poulets qui éclosent au delà des deux tiers des œufs qu'on leur a confiés, déduction faite de ceux qu'ils ont rejetés à la visite comme ne se développant pas.

Cette industrie était restée ignorée en Europe, lorsque Réaumur travailla à l'introduire en France. C'est l'un des hommes qui ont réuni le plus heureusement la connaissance scientifique aux applications d'atelier. Il consacra à ce travail de longues séries d'expériences, plusieurs ouvrages importants, et rédigea même une instruction pratique, mais sans en faire réellement un art. Comme l'avaient fait d'abord les Egyptiens, il employa presque exclusivement le fumier, pour entretenir un four en bois à la température de 40° centigrades que l'observation lui avait appris être la meilleure. Il reconnut le danger des émanations putrides sur les œufs ou les poulets près d'éclore, la nécessité du renouvellement de l'air sur les œufs, et en conclut l'existence du phénomène de la respiration du poulet dans son œuf. Il rechercha les moyens de régulariser la chaleur de ses couches de fumier, mais avec peu de succès, car jamais ses procédés n'ont donné de produits suivis. Ses recherches sur les moyens d'éducation et de nourriture des

(1) Le savant M. Ed. Biot a recherché si, dans les ouvrages chinois qui traitent des arts, ou dans les mémoires des missionnaires, il n'était pas parlé de procédés analogues; il n'en a trouvé aucune trace.

poulets, son invention des poussinières grillagées, des mères garnies de peaux de mouton, encore employées, sont surtout remarquables.

L'auteur de l'*Ornithotrophie* Copinleau, (1783) vint ensuite apporter un four ingénieux et bien disposé : c'était une hutte en bois, à enveloppes doubles et rembourées, recevant intérieurement les œufs sur des étagères, et chauffée par une espèce de calorifère placé à la partie inférieure, et dont le tuyau de fumée sortait par le haut de la hutte. La hutte était munie de moyens de ventilation, etc. Cet ouvrage est une bonne instruction sur tous les moyens pratiques d'exécuter en grand l'incubation et l'éducation artificielle des poulets. Mais c'est Bonnemain qui a porté l'incubation à son degré actuel de perfection par la découverte du chauffage à circulation d'eau, et l'invention pour chacune des phases de l'incubation de dispositions d'appareils merveilleusement simples. Il fut le premier qui pratiqua cette industrie en grand comme spéculation, et qui vendit longtemps des poulets sur les marchés de Paris. On a répété partout que la révolution avait ruiné son établissement ; c'est une erreur. Ce qui l'a ruiné, certainement ce n'est pas la révolution française, c'est, outre tous les frais d'essais manqués dans lesquels un inventeur comme lui a dû s'engager, le haut prix de la nourriture nécessaire aux jeunes poulets, comme l'ont observé et éprouvé ceux qui, en France, en Angleterre et aux Etats-Unis, ont voulu, avec les moyens parfaits de Bonnemain, tirer un parti industriel de ses procédés. Un appareil, monté par lui-même, fonctionne encore aujourd'hui au Pecq, chez madame Rousseau, qui y a seulement ajouté le régulateur de Sorel. Madame Rousseau, avec une généreuse persévérance, a voulu honorer les travaux de M. Bonnemain, et conserver à la France ce modèle d'un art qui, à notre avis, aurait dû donner de bons résultats, et qui commence à se répandre dans les fermes avec les petits couvoirs. C'est à la bienveillance de madame Rousseau que nous devons tous les détails qui suivent. Bonnemain, qui a tant inventé, et dont toutes les inventions portent un caractère si hautement pratique, Bonnemain, par une crainte exagérée des contrefacteurs, n'a jamais rien écrit. Nous sommes heureux de pouvoir donner ici, avec tous ses détails, l'art de l'éducation des poulets.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'impossibilité où l'on serait de trouver assez de poules couveuses pour obtenir seulement 100 poulets par jour; il faudrait plus de 2,500 poules à raison de 12 œufs par poule et une poule sur dix qui puisse couver : quelle dépense et quel embarras !

Avec l'incubation artificielle, rien n'est plus facile, c'est une véritable industrie. Les appareils d'éclosion sont renfermés dans une chambre partagée en trois parties par des cloisons. Dans un angle est un petit cabinet bien clos, peu éclairé, pour être facilement maintenu à 39° centigrades, température nécessaire à l'éclosion, et qui reçoit le couvoir. Cet appareil est un bâti composé de montants et de traverses sur lesquels on fait glisser des tiroirs destinés à recevoir les œufs. Des bandes de vieux tapis retombent par devant les tiroirs, et ferment entièrement le bâti; et de plus, une couverture recouvre entièrement le bâti pour y mieux concentrer la chaleur. Les deux bouts du bâti, le plafond et le fond, isolés du sol, sont fermés à demeure par des panneaux de bois, et au-dessus du plancher inférieur sont suspendues des peaux de mouton faisant la courbe, et isolées de ces planches de 4 centimètres.

Cet étage inférieur sert de promenoir aux poulets nouvellement éclos, qui cherchent, sous les peaux de mouton appelées mères, la chaleur artificielle dont ils ont besoin. Un promenoir extérieur, grillagé, placé du côté de la fenêtre, sert à faire sortir et manger, pendant les six ou huit premiers jours, les poulets par deux petites trappes.

A ces dispositions si ingénieuses, Bonnemain a ajouté son bel appareil de chauffage à circulation d'eau, dont nous avons parlé en détail à l'article *Chauffage d'habitation*. Une petite chaudière de cuivre munie d'un foyer intérieur, et remplacée chez madame Rousseau par le régulateur de Sorel, porte à sa partie supérieure un tuyau en cuivre de 0m,06 de diamètre, plein d'eau, qui monte jusqu'en haut du couvoir et s'y ramifie en sept branchements de 0m,04, qui courent dans la longueur du bâti, vont descendre par un tuyau unique à l'étage de tiroirs immédiatement inférieur, où il se divise de nouveau en sept tuyaux pour passer au-dessus des tiroirs de cet étage, et aller successivement, toujours en descendant d'étage en étage, chauffer tous les tiroirs, et rentrer enfin dans le bas de la chaudière par un tuyau unique. Par la combustion du charbon de bois placé dans le foyer, l'eau de la chaudière s'échauffe et circule d'une manière continue dans les colonnes montantes et descendantes de l'appareil, en y répandant une chaleur douce très-égale, et réglée à volonté, comme nous l'avons dit, au moyen du régulateur Sorel. A la partie supérieure de l'appareil est un petit tuyau destiné à évacuer l'air que dégage l'eau chauffée, ou qui s'introduit dans l'appareil, et qui en arrêterait la circulation. De côté se trouve un tuyau plus gros dans lequel plonge un siphon. Dans la même salle sont placés les promenoirs, où l'on place les poulets après sept ou huit jours d'éclosion. Ce sont trois planchers superposés formés à l'entour de grillage très-fin, pour que les poulets ne puissent pas s'y étrangler. A une extrémité du promenoir sont des cages, appelées *mères*, munies de peaux de mouton disposées comme nous l'avons déjà dit, communiquant avec le promenoir par de petites trappes que l'on ouvre ou ferme du dehors, et qui restent ouvertes pendant le jour pour

que les poulets puissent à leur gré aller se promener, ou revenir chercher sous les mères une température plus élevée.

Deux tuyaux de circulation d'eau, partant d'un appareil indépendant de celui du couvoir, passent au-dessus des peaux de mouton, et servent à tenir les poulets à la température dont ils ont besoin. Dans la salle même, dont les murs doivent être épais, est un poêle toujours chaud, qui empêche tout refroidissement. On lâche les poulets quand ils sont plus gros. Enfin, dans un angle est un robinet où se trouvent des bâtons scellés horizontalement dans les murs pour y faire percher les poulets quand on les ôte des mères.

Conduite de l'incubation. — Après avoir chauffé l'appareil pendant huit ou dix jours, pour voir s'il fonctionne bien, et après avoir échauffé les murs, on place les œufs à couver dans les tiroirs, en choisissant des œufs qui n'aient pas plus de 15 ou 20 jours de date; plus vieux ils donnent plus de déchet. Il faut choisir les œufs des poules dont on est sûr; jamais ceux qui ont un vide à l'intérieur. Les poules ordinaires, les noires surtout, sont en général meilleures que les poules rousses. Les poules les plus fortes produisent, dit-on, plus de femelles que de mâles. Le nombre des coqs influe beaucoup sur la fécondité des œufs; s'il y a trop de coqs pour un nombre donné de poules, il y a plus d'œufs clairs; il faut un coq pour huit poules.

Pour avoir des poulets sans interruption pendant toute la saison, on ne remplit les tiroirs que successivement en rapport avec les quantités que l'on veut obtenir, en commençant à faire couver au mois de janvier, aussitôt que l'on peut se procurer des œufs. On place dans chaque tiroir 60 ou 70 œufs sur un lit de paille de froment broyée dans les mains, avec une étiquette portant la date d'entrée et un thermomètre, et on les espace soigneusement pour éviter tout contact. Entre les tiroirs, à chaque rangée, on place une éponge imbibée d'eau; celle-ci est renouvelée chaque jour, et est destinée à entretenir un degré nécessaire d'humidité dans l'air chauffé du couvoir; l'air trop sec dessécherait les œufs et tuerait les germes ou les poussins. Les tapis et couvertures sont soigneusement baissés et la porte fermée, et on règle l'appareil de manière à maintenir dans le couvoir, rigoureusement, sans variations, 39° centigrades; c'est la condition la plus importante de l'incubation, et on a pu voir que c'était le but qu'on s'était proposé dans les différents appareils construits à toute les époques. Une chaleur trop intense ou trop faible, ou même des variations importantes de chaleur, nuiraient gravement au développement de l'embryon. Bien que l'incubation puisse avoir lieu de 30 à 45° centigrades, la température la plus convenable est celle de 39°.

Le foyer se remplit matin et soir de charbon de bois, en réglant la marche du flotteur d'après la température extérieure, de manière que dans les plus grands froids le foyer ne soit pas tout à fait vide le soir.

Pour 18 à 24 tiroirs à 70 œufs, il faut à peu près 15 à 20 litres de charbon de bois par jour. On doit visiter les œufs toutes les vingt-quatre heures. On laisse les portes ouvertes pendant un quart d'heure, afin d'avoir toujours de l'air frais dans les cases. Si la température n'était pas égale dans tous les tiroirs, on envelopperait de laine la portion de tuyau qui chaufferait trop vivement. On renouvelle enfin l'eau des éponges, on referme tout et on rabat les couvertures.

Après cinq jours de couvée, un œil exercé aperçoit déjà le germe développé en mirant les œufs à une vive lumière; au dixième jour cela devient très-facile, on voit le poussin remuer et des veines sanguines parcourir l'œuf dans tous les sens. Tous les œufs où le germe ne s'est pas développé, sont enlevés et cuits pour la nourriture des petits poussins.

Avant l'époque de l'éclosion, on étend dans le couvoir, à l'entour du bâti, un lit épais de paille broyée à la main, pour garantir de la mort les poussins qui souvent viennent à tomber. L'éclosion a lieu le vingt et unième et quelquefois le vingt-deuxième et le vingt-troisième jour. Tout le monde sait, d'après Bonnemain, que le poussin casse sa coquille en la frappant avec une éminence cornée dont le bout de son bec est armé, ce qu'on appelle *bécher*, et qu'il l'ouvre en faisant effort sur les morceaux séparés et en déchirant les membranes intérieures, après quoi il sort tout mouillé et se ressuie en deux heures de temps à l'étuve.

Le premier jour on laisse les poussins sortir de leur coquille sans les troubler; le second jour seulement on aide ceux qui ne sont pas assez forts pour sortir, en brisant avec précaution la coquille avec une épingle. Quelquefois le petit poulet est trop faible pour sortir, ou même il est collé à la coquille par la dessiccation trop rapide des liquides intérieurs. Il attendrait trop longtemps pour sortir et en souffrirait; il faut casser la coquille avec précaution pour l'aider, et le décoller avec un peu d'eau tiède pour lui permettre de se dégager. On enlève immédiatement les coquilles qui pourraient blesser les poussins que l'on descend le deuxième jour à l'étage inférieur du couvoir sous les peaux du mouton, élevées au centre de quatre centimètres pour que les poulets n'en puissent pas être écrasés.

Les poussins sont laissés vingt-quatre heures sans manger; les jours suivants on les sort quatre ou cinq fois à la main, pendant un quart d'heure, dans le promenoir établi au bout du couvoir. A chaque sortie on leur donne à manger dans de petites auges en bois; on augmente ensuite le temps des sorties. Quelquefois aussi on les laisse deux ou trois jours dans la paille propre et menue avant de les descendre au plancher inférieur. Ainsi accoutumés à l'air, on les porte, après six ou huit jours sous les mères que nous avons décrites, et où la tempéra-

ture est de 25 à 30 degrés centigrades. Les trappes des mères restent fermées la nuit, et le jour on les ouvre, pour leur donner leur nourriture dans les grands promenoirs placés dans une salle, qu'un poêle entretient de 15 à 20 degrés centigrades, en plaçant chaque jour la nourriture à 25 ou 30 centimètres plus loin des trappes pour les accoutumer par degré à l'air de la salle. Quand la température extérieure est à six degrés au-dessus de zéro, la chaleur des poussins suffit sans les appareils pour entretenir sous les mères la température nécessaire à leur santé. L'eau, souvent renouvelée, qu'on leur laisse pour boire, est mise dans des vases de fer-blanc ayant un centimètre de saillie et de hauteur, pour éviter qu'ils ne s'y puissent noyer: les vases de plomb ou de cuivre les empoisonneraient. On a grand soin de séparer les couvées par des cloisons, afin de régler la nourriture en raison de l'âge.

La nourriture donnée aux petits poussins est une question très-importante, et qui a jusqu'à présent ruiné les établissements industriels d'incubation artificielle. On prend toute la mie d'un pain de deux kilogrammes, avec laquelle on écrase et on pile dans un mortier le jaune de cinq ou six œufs cuits durs, et avant tout les jaunes des œufs avortés au couvoir, où dont les poussins sont morts avant d'éclore: les poussins en sont pilés avec les jaunes d'œufs de manière à ne rien perdre; c'est la ration de quarante poulets pendant vingt-quatre heures. Les blancs d'œufs sont cuits à part et passent dans la nourriture des poulets plus forts.

Après douze ou quinze jours, on donne aux poulets bien portants du petit blé tendre ou du maïs cuit, sans être écrasé, ou de la pomme de terre cuite et mise en boule sur une soucoupe renversée, autour de laquelle tous viennent picoter sans rien perdre. A vingt poulets de trois semaines, il faut par jour un litre et demi de blé qui, à la cuisson, donne trois litres environ; la mie de pain trempée modérément d'eau leur est aussi très-bonne. Enfin on y ajoute tout ce qui est gâché dans la nourriture des petits poussins, gent très-délicate sous ce rapport. Comme à l'homme, une nourriture alternée est très-favorable au développement des poulets.

Ces diverses natures de nourriture sont évidemment trop chères pour donner des bénéfices dans l'éducation des poulets. Le savant d'Arcet, qui avait une si haute estime pour les travaux de Bonnemain, qui connaissait si bien les questions d'alimentation, proposait comme aussi simple qu'économique la pomme de terre cuite dans la dissolution gélatineuse extraite des os; et pour lester l'estomac, car cette nourriture serait trop substantielle, il y ajoutait de la sciure de bois ou de la tannée bien lavée. On obtiendrait ainsi, à très-bon marché, une excellente nourriture et des poulets rapidement et vigoureusement développés. Une pâtée dans laquelle entrerait, au lieu de jaunes d'œufs, de la viande de cheval cuite à la vapeur, réussirait aussi parfaitement aux jeunes poulets.

Les premières couvées de janvier restent deux mois sans sortir; une heure suffit pour la première fois, et encore par un beau soleil. Chaque jour on allonge la sortie dans une cour, ou mieux en les classant par couvée sous des cages d'osier; puis enfin, ils passent dehors toute la journée; mais il faut leur éviter toute humidité qui leur est funeste, et les rentrer surtout avant la soirée, ou quand la pluie les menace; car alors, accoutumés à se presser ensemble sous les mères artificielles pour se défendre du froid, ils se précipitent en masse dans un des coins de la cour, montent les uns sur les autres sans qu'aucun effort puisse les arrêter, et ceux de dessous sont infailliblement asphyxiés. Bonnemain a trouvé un procédé très-ingénieux pour séparer par âge et par force les poulets de plusieurs couvées laissés libres dans une cour. Il a fait un escalier avec des marches de hauteur croissante; sur ces marches il semait du grain ou toute autre nourriture que tous les poulets venaient manger. Il est évident que les poulets les plus forts pouvaient seuls monter sur les marches les plus hautes, et ils se trouvaient ainsi naturellement classés par taille et par âge. Après sept ou huit semaines, on les fait coucher sous les mères; puis alors, ils perchent dans le cabinet-perchoir dont nous avons parlé plus haut. Quant aux couvées de l'été, on les sort à quinze jours ou trois semaines, mais à l'ombre seulement; à trois mois, elles sont bonnes à vendre et à manger. Jusqu'à cet âge, on perd ordinairement 20 p. 0/0 des poulets éclos. Leur maladie la plus habituelle est une diarrhée, due le plus souvent à la température trop élevée des mères, ou à ce qu'ils s'y trouvent trop serrés, et que l'on guérirait probablement par un régime de riz bien cuit; il en périt aussi beaucoup par asphyxie, comme nous l'avons dit, étouffés qu'ils sont par les autres. Il faut, pour éviter les pertes, exercer une active surveillance, séparer ces poulets trop nombreux, les rentrer à chaque menace de pluie, ou bien avant l'arrivée de la nuit; se défendre surtout contre les grandes chaleurs, qui sont même défavorables aux éclosions; car les couvées qui réussissent le mieux sont celles de la fin de l'hiver.

Incubation artificielle par les eaux minérales. — D'Arcet a essayé aussi à Vichy, en 1827, et ensuite à Chaudes-Aigues, l'incubation artificielle pour donner de la belle volaille aux malades qui arrivent de bonne heure aux eaux et qui n'y trouvent que des poulets excessivement petits. Les œufs étaient placés dans un panier suspendu dans une chambre chauffée par le passage des eaux minérales dans un poêle métallique. L'éducation de ces poulets, même pendant l'hiver, dans les salles chauffées de la même manière, ne peut présenter aucune difficulté; c'est un procédé très-ingénieux. Nous ne parlerons d'aucune des dispositions de procédés que l'on trouve décrites dans le *Bulle-*

tin de la société d'Encouragement, dans le *Dictionnaire des Découvertes*, les *Mémoires de l'Académie des sciences*, etc : aucun n'a même confectionné, et les procédés de Bonnemain sont restés ce qu'il y a de plus parfait.

Couvoirs portatifs. — Si cependant l'incubation artificielle, comme industrie spéciale, n'a pas vécu et donné des bénéfices, l'éclosion artificielle par de petits appareils portatifs s'est répandue dans beaucoup de fermes, où elle a donné de très-bons résultats

Le meilleur de ces appareils est le *caléfacteur-couvoir* de Lemare, inventeur aussi original et aussi pratique que Bonnemain. Cet appareil consiste en une boite inférieure en bois qui supporte un appareil à eau chaude, et contient une lampe à esprit de vin. Le vase en cuivre ou en zinc, rempli d'eau, reçoit la chaleur transmise par la lampe pour la transmettre et l'égaliser sur les œufs. Ce vase porte un tube qui sert à le remplir d'eau, et une autre petit tube pour évacuer l'air de la partie supérieure au moment du remplissage; un panier aux œufs isolé de l'enveloppe double, rempli de ouate pour éviter tout refroidissement; enfin un couvercle ouaté également. La lampe à esprit de vin, bien plus régulière que la lampe à huile, est placée sous le vase d'eau et réglée de hauteur pour entretenir dans le panier la température nécessaire de 30° donnée par un thermomètre qui plonge au milieu des œufs, et dont la tige sort au dehors. Un régulateur du feu, reposant sur le principe de la dilatation de l'eau, consiste en un flotteur creux, lié par une chaînette à un registre qui ouvre ou ferme l'arrivée de l'air nécessaire à la combustion de la lampe. Quand l'eau est trop chaude, la dilatation fait monter le flotteur, et fermant toute arrivée d'air, ralentit la combustion de la lampe. Il ouvre au contraire cette arrivée, et active la combustion quand l'eau, en se refroidissant, fait baisser le flotteur. La mèche de la lampe est coupée soir et matin, et on vérifie de temps en temps le règlement et la marche du régulateur.

Dans le couvoir Sorel, les œufs sont enveloppés de toutes parts d'eau chaude en circulation, montant par un tuyau central et redescendant par des tubes latéraux; le tout est entouré d'une enveloppe en bois ou en carton. Le régulateur est, sur le principe que nous avons décrit, un récipient renversé, plein d'air, et qui entoure la chaudière centrale. L'excès de température de l'eau, en dilatant l'air, fait monter le récipient qui enveloppe concentriquement la cheminée, ferme les trous latéraux par où s'échappent les produits de la combustion, et ralentit celle-ci, et réciproquement l'active en ouvrant tous les orifices quand la température de l'eau vient à baisser. La sensibilité de ce régulateur est parfaite. La condition principale à observer est l'installation de l'appareil dans un endroit très-calme et très-isolé. Le choix des œufs, la conduite de l'incubation et les soins à donner aux poussins sont les mêmes que dans le grand appareil. Il faut toujours régler la température de l'appareil avant d'y introduire les œufs.

Mais dans une ferme on ne peut pas organiser l'éducation des poulets, quand ils sont sortis des étuves, comme on le ferait dans une entreprise industrielle; il faut faire conduire, surveiller et réchauffer tous les poussins comme le font les poules. Celles-ci acceptent difficilement la conduite des poussins qu'elles n'ont pas couvés; les chapons, au contraire, adoptent tous les poussins de tout âge qu'on leur confie, quand on les a dressés et accoutumés à les conduire: ce conducteur est presque toujours facile à leur donner; un chapon conducteur suffit à 40 ou 50 poussins, et a pour chacun d'eux tous les soins de la mère la plus vigilante. A défaut de chapons conducteurs, on loge les jeunes poulets dans une poussinière portative grillée comme les promenoirs que nous avons décrits, et fermée par un couvercle et dans laquelle on place une mère portative de 0m,50 de longueur, dont la peau de mouton est plus haute à l'entrée qu'au fond pour que les poulets de toutes les tailles y trouvent refuge. Quand la température extérieure est trop froide, on place le soir sous la mère un vase plein d'eau chaude. Les deux bouts de la mère doivent être fermés seulement avec un rideau tombant en flanelle pour éviter que les poulets, en s'y entassant, ne viennent à s'étouffer. Une poussinière de 1 mètre de longueur, 0m,32 de largeur et autant de hauteur, suffit à 50 poussins.

Nous avons considéré la propagation de ces ingénieuses méthodes comme si importante à l'accroissement des richesses agricoles de nos campagnes, que nous n'avons pas hésité à copier en son entier l'excellent article que l'on vient de lire, inséré par M. Ph. Grouvelle dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*. Nous devons y joindre également un procédé facile à pratiquer pour la conservation des œufs, tiré du même ouvrage.

Conservation des œufs. — La coque des œufs est assez poreuse pour laisser tamiser l'air qui, arrivant au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, en détermine l'altération au bout d'un temps assez court. Pour prévenir cette altération, on prend les œufs frais, et on les plonge à plusieurs reprises dans un baquet rempli d'eau de chaux; la chaux s'infiltre alors dans les pores de la coque, arrive au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, avec lequel elle forme un composé insoluble qui bouche hermétiquement les pores de la coque, et qui, en s'opposant à tout accès de l'air, prévient ainsi toute altération subséquente.

OLÉOMÈTRE. — Le prix toujours croissant des graines oléagineuses fait que souvent les huiles que l'on en retire, et surtout l'huile de colza, sont falsifiées. Le plus souvent on mélange ensemble diverses espèces d'huile, d'autres fois, au contraire, on ajoute aux huiles de graine des huiles de poisson, de foie de morue, etc., etc.

Divers moyens ont été employés pour reconnaître ces fraudes. M. Laurot, de Rouen, a imaginé une espèce d'aréomètre qu'il nomme *oléomètre*, et qui sert à reconnaître si l'huile de colza est pure ou si elle a été mélangée. L'emploi de cet appareil repose sur cette propriété des huiles, qu'à la température de 100°, elles sont loin d'avoir la même densité, et que les différences sont même très-sensibles.

L'oléomètre se compose d'une burette en fer-blanc faisant fonction de bain-marie; on y place un petit cylindre creux aussi en fer-blanc dans lequelle on introduit l'huile à essayer. On met ensuite l'appareil sur le feu; l'eau ne tarde pas à entrer en ébullition; la chaleur se communique à l'huile qui ne peut prendre une température supérieure à 100°. Un petit aréomètre plonge dans le liquide et en indique la densité; sa tige est partagée en parties égales; il a 200 divisions au-dessus de 0 et 25 au-dessous; enfin, un petit thermomètre indique quand l'huile est à 100°.

Comme nous l'avons dit plus haut, M. Laurot a reconnu que toutes les huiles n'ont pas la même densité à 100°, et que les différences sont très-sensibles sur la tige de l'oléomètre.

Ainsi avec l'huile de colza l'oléomètre s'arrête à 00°
-- de lin — 210°
d'œillette — 124°
— de chènevis — 136°
— de poisson — 83°

M. Laurot a construit des tables sur lesquelles sont indiqués les degrés que doit marquer l'oléomètre quand il y a 5, 10 ou 15 p. 100 d'huile de poisson, ou d'une autre, mélangée avec l'huile de colza.

L'oléomètre plongé dans l'acide oléique s'arrête à 25° au-dessous de 0; il s'y enfonce donc plus que dans l'huile de colza; par conséquent, en mettant de l'acide oléique dans de l'huile de colza, on pourrait y introduire d'autres huiles plus communes et plus denses, donnant un mélange dans lequel l'oléomètre s'arrêterait à 0°. M. Girardin a reconnu qu'avec l'acide oléique on pourrait frauder l'huile de colza de 39 à 40 p. 100 d'huile de lin ou d'œillette; mais on reconnaît facilement l'acide oléique aux caractères suivants : 1° son odeur; 2° avec le papier de tournesol bleu qui se trouve rougi; 3° enfin au moyen de l'alcool qui dissout l'acide oléique.

Ainsi donc, pour essayer une huile de colza, on s'assurera d'abord qu'elle ne contient pas d'acide oléique, puis on opérera comme nous l'avons dit précédemment.

Pour de plus amples détails nous renverrons aux *Mémoires de l'Académie de Rouen*, où se trouve un rapport remarquable de M. Girardin, sur l'instrument de M. Laurot, qui, suivant ce chimiste, est excellent pour reconnaître s'il y a mélange, mais qui n'indique pas la nature des huiles qui se trouvent mélangées avec l'huile de colza.

Avant M. Laurot, M. Herdenreck avait indiqué le moyen suivant pour reconnaître si les huiles étaient falsifiées : 1° on met environ 1 gramme d'huile dans une petite capsule de porcelaine et on chauffe à la lampe à alcool; l'odeur qui se développe rappelle celle de la plante dont elle provient; 2° dans un verre à pied on verse 12 à 15 gouttes d'acide sulfurique à 66°. Avec les huiles de colza et de navette, il se forme peu à peu une auréole bleue verdâtre à une certaine distance de la goutte d'acide, tandis que vers le centre, là où la réaction est la plus intense, il s'élève quelques stries brunes. Avec les huiles de baleine et de morue, on commence à remarquer un mouvement particulier qui va du centre à la circonférence, et en même temps il se manifeste une coloration de plus en plus rouge. M. Penot, de Mulhouse, a répété les expériences de M. Herdenreck, et les résultats qu'il a obtenus sont à peu près identiques. Ils se trouvent consignés dans les *Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse*.

Nous donnons ci-dessous un tableau des diverses graines oléagineuses, extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

NOMS DES GRAINES OLÉAGINEUSES.	Poids de l'hectolitre de graine.	Produit en litres d'un hect. de graine.	Produit en tourteaux d'un hect. de graine.	Nombre d'hectol. de graine pour un hectol. d'huile.	Pesanteur spécifique de l'huile à 15° c.	Température à laquelle l'huile se congèle.
	kilogr.	litres.	kilogr.			
Colza d'hiver (*brassica campestris*).	56 à 70	25 à 38	37	3,50	0,9136	6°
Colza d'été. *Id.*	54 » 65	21 » 25	57	4 à 4,50	0,9136	6°
Navette (*brassica rapa et napis*).	55 » 68	23 » 26	40 à 42	4 à 4,75	0.9 28	3°75
Caméline (*niagrum sativum*).	53 » 60	20 » 24	42,4	4,50	0,9252	18°
Madia sativa.	40 » 50	12 » 15	35,9	8,20	»	»
Œillette (*papaver somniferum*).	54 » 62	22 » 25	62	4,55	0,9249	18°
Faîne (*fagus sativa*).	42 » 50	12 » 15	»	10	0,9225	17°50
Chènevis (*canabis sativa*).	38 » 47	11 » 13	40	9,20	0,9276	27°50
Lin.	67	10 » 12	48	10	0,9395	27°50
Noix (*juglas regia*).	par 100 k.	46 » 50	»	»	0,9283	27°50
Amandes (*amygdalus communis*).	par 100 k.	44 » 48	»	»	0,917 à 0,920	10°
Olives.	par 100 k.	10 » 12	»	»	0,9192 (à 12° c.)	4° ou 5°

OPTIQUE. — Ce mot, formé en grec du nom de l'œil (ὤψ), est consacré à la science qui s'occupe des lois de la vision, et par conséquent de la lumière qui en est l'objet. On la divise en catoptrique pour les effets des rayons réfléchis par les miroirs, et en dioptrique pour les effets des rayons réfractés par les verres ou par les autres corps transparents. De ces deux moyens employés à la fois, on a donné aux télescopes à miroirs et aux chambres obscures le nom d'*instruments catadioptriques.* On regarde encore comme appartenant à l'optique les lois de la perspective.

L'optique est une des branches les plus importantes des sciences physico-mathématiques; non-seulement elle sert à expliquer les lois naturelles de la vision, non-seulement elle recherche les propriétés de la lumière et expose la théorie des couleurs, elle sert encore à rendre raison d'une grande quantité de phénomènes de la nature qui frappent nos yeux, et surtout à nous faire connaître les erreurs et les illusions de la vue. Elle a permis de pousser bien loin l'investigation dans les sciences naturelles, et l'astronomie doit à son secours ses plus belles découvertes. D'un autre côté, l'optique présente des difficultés qui égalent son utilité. Ses principes généraux, ses lois fondamentales ne sont pas toujours assis avec cette certitude qu'on remarque en d'autres parties des sciences exactes. Ce n'est qu'à force d'expériences et par de savantes combinaisons de ces expériences entre elles qu'on peut espérer de parvenir à fonder l'optique sur des bases solides. Les travaux de notre époque tendent à ce but; les résultats déjà obtenus en promettent de plus grands encore.

Les premières traces des connaissances théoriques concernant les diverses branches de l'optique se trouvent dans l'école de Platon. On croit qu'Empédocle est le premier qui ait écrit systématiquement sur la lumière; cependant le plus ancien traité d'optique que nous possédions, mais sans doute défiguré, est celui qu'on attribue à Euclide. Ptolémée fit sur cette science un ouvrage plus étendu, dont l'*Optique* d'Alhazen, astronome arabe du XIᵉ siècle, n'est qu'un commentaire. Vitellion, géomètre polonais du XIIIᵉ siècle, et Roger Bacon publièrent des ouvrages sur l'optique; pourtant ce fut seulement vers le milieu du XVIᵉ siècle qu'elle a commencé à former une véritable science. Maurolyco ouvrit la voie par son ouvrage, plein de remarques intéressantes, intitulé : *Theoremata de lumine et umbra ad perspectivam radiorum incidentium* (Venise, 1575, in-4°). J.-B. Porta, gentilhomme napolitain, prépara la découverte du mécanisme de la vision par son invention de la chambre obscure, à laquelle il compare l'œil dans son livre intitulé *Magia naturalis* (Naples, 1589, in-folio); mais il ne donna aucune suite à cette idée ingénieuse, et ce fut Képler qui, dans son *Astronomiæ pars optica*, exposa le premier la théorie de la vision, au milieu d'une foule de recherches curieuses.

En 1637, la *Dioptrique* de Descartes vint changer la face de la science. Plusieurs savants s'occupèrent alors de la lumière : toutes les branches de l'optique reçurent de notables développements, et les principaux instruments furent bientôt inventés ou perfectionnés. Jacques Gregory publia son *Optica promota* (Londres, 1663, in-4°) que suivirent les *Leçons d'optique* de Barrow, en 1667, et le *Traité de la lumière* de Huyghens, en 1678. Newton pénétra plus profondément dans la science. Avant lui, on connaissait bien les principales propriétés de la lumière, sa réflexibilité, sa réfrangibilité, etc. ; mais on était loin de se douter qu'il fût possible de la décomposer; la révélation de ce grand secret par Newton compléta toutes les théories et rendit raison de phénomènes jusqu'alors inexplicables. Son *Optique* avait paru en 1706. Pendant quelque temps, des géomètres célèbres marchèrent sur les traces de Newton, s'appliquant à développer et à soumettre au calcul les lois de la réfraction et de la réflexion de la lumière. En 1747, Euler, dans le but de remédier à la dispersion des couleurs produite par la réfraction des verres de lunettes, chercha la loi de cette dispersion, et fut conduit à des résultats différents de ceux de Newton. A la discussion qui s'établit à ce sujet entre Euler et Dollond, on doit l'invention des verres achromatiques et l'un des plus beaux ouvrages d'Euler, sa *Dioptrica*. Dans ce livre Euler ramène à des formules générales, et cependant très-simples, la théorie de l'aberration de réfrangibilité et de sphéricité. Depuis, Klugel a exposé les théories d'Euler d'une manière abrégée dans l'*Analytische Dioptrik* (Leipz., 1778).

Dans ces derniers temps, la science s'est encore enrichie d'une foule de belles expériences sur les propriétés de la lumière et de la découverte de propriétés nouvelles, telles que celles de sa polarisation, la photographie, etc. En même temps, les instruments sont arrivés à leur plus haute perfection. — *Voy.* les *Traités d'optique* de Smith, Priestley, La Caille, etc., le *Traité de la lumière* de Sir J. Herschell, et l'*Histoire de l'optique*, de Priestley (1).

C'est sur l'optique que l'art du lunettier a fondé la théorie de la vision. Cet art est un des plus précieux pour l'humanité; c'est par le secours de cet art que des verres, taillés d'une certaine manière, soutiennent les vues faibles, étendent les vues courtes, rapprochent des yeux et leur rendent sensibles des objets qui étaient cachés dans leur extrême petitesse ou dans leur éloignement. Cet art, si utile pour nos besoins, sert encore à nos amusements, par les obstacles nouveaux qu'il nous procure. Il a aussi beaucoup ajouté aux connaissances de l'astronomie et de l'histoire naturelle; enfin

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*

son invention, qui ne remonte guère que vers 1280, nous donne une jouissance inconnue aux anciens; et les vieillards, les myopes et les presbytes, qui autrefois étaient dans une triste privation de l'usage entier de leurs yeux, n'ont plus à se plaindre aujourd'hui des torts de l'âge ou de la nature envers eux. —*Voy.* LUNETTES, TÉLESCOPE.

Passons maintenant à l'examen de quelques-uns des phénomènes optiques de l'atmosphère :

Transparence de l'air. — « Quoique l'air soit un des milieux les plus transparents qui nous soient connus, dit M. Martin, il absorbe une partie des rayons lumineux qui le traversent; ainsi lorsque la lune et le soleil passent au méridien, leur lumière est éblouissante, tandis qu'on peut fixer le soleil quand il est à l'horizon; et cela tient uniquement à ce que, dans le second cas, la lumière traverse un plus grand espace de l'atmosphère que dans le premier. La transparence de l'air varie beaucoup, suivant une foule de circonstances; elle est singulièrement accrue lorsque l'atmosphère est chargée de vapeur aqueuse. Quand l'air occupe un grand volume, il réfléchit sur tout le rayon comme un verre coloré en bleu; de là la couleur azurée du ciel. Ainsi quand en hiver le soleil est à l'horizon, les rayons bleus du spectre sont toujours réfléchis avant que la lumière arrive jusqu'à nous, et l'astre nous paraît rouge.

Crépuscule. — « Quand le soleil se couche, le ciel se teint dans l'horizon de couleurs rouges et jaunes; dans l'orient on remarque une teinte rougeâtre qui atteint son maximum lorsque le soleil descend sous l'horizon; lorsqu'il a disparu, on remarque dans l'est un segment bleu foncé bordé d'une teinte rouge qui monte peu à peu vers le zénith, tandis que dans l'occident la teinte rouge est de plus en plus foncée. Quelques étoiles deviennent alors visibles, et l'on remarque à l'occident un segment de lueur blanchâtre que Brandes a désigné sous le nom de lueur crépusculaire; celle-ci s'éteint à son tour, et même les étoiles de sixième grandeur deviennent visibles : c'est la fin du crépuscule astronomique.

« Dans les pays chauds il n'y a pas de crépuscule. En Dalmatie, il fait nuit une demi-heure après le coucher du soleil; au Chili, au bout d'un quart-d'heure, et à l'équateur au bout de quelques minutes, suivant M. de Humboldt. Le crépuscule dure très-longtemps dans les pays froids où la lumière est réfléchie par les parties aqueuses et glacées qui nagent dans l'atmosphère. Chacun sait que dans un même lieu les apparences de l'aurore et même du crépuscule varient d'une saison et même d'un jour à l'autre.

« Lorsque après le coucher du soleil le ciel est couvert d'une teinte pourpre, on peut prédire le beau temps pour le lendemain; c'est le contraire lorsque la teinte est blanchâtre et jaunâtre, surtout lorsque cette teinte est assez vive pour que le soleil paraisse blanchâtre. »

Scintillation des étoiles. — « Elle est beaucoup plus sensible dans les étoiles fixes que dans les planètes; on la remarque principalement lorsqu'elles s'inclinent sur l'horizon, et suivant Kaemtz, lorsque des vents violents règnent dans les régions supérieures de l'atmosphère. Entre les tropiques cette scintillation est presque nulle; suivant Humboldt, elle paraît due à ce que la densité des couches atmosphériques varie à chaque instant, ce qui fait varier en même temps la réfraction des rayons stellaires. Les changements dans l'intensité et la couleur de ces rayons sont dus, comme M. Arago l'a prouvé, à des phénomènes d'interférences. — *Voy.* SCINTILLATION.

Mirages. — « Quand l'air est calme, des objets éloignés, examinés à l'aide d'un *télescope*, paraissent osciller; s'ils sont petits, ils paraissent doubles, triples et même quadruples. Le même phénomène se produit dans les couches échauffées par un terrain sablonneux; des hommes, des arbres paraissent se réfléchir dans une onde paisible : telles sont les illusions du mirage qui tourmentent les voyageurs altérés dans les déserts de l'Afrique. Si la terre est plus froide que l'atmosphère, les objets paraissent élevés au-dessus de leur position, c'est ainsi que Scoresby et d'autres ont observé que les côtes paraissent souvent élevées dans le nord au-dessus de leur position.

Des halos en général. — « Lorsque la lumière provenant d'un astre quelconque est réfléchie par des particules d'eau et de glace, il en résulte des halos; ceux-ci se distinguent, suivant leur grandeur et leurs causes, en couronnes et en halos proprement dits. Les couronnes se montrent lorsque des nuages légers ou des brouillards passent devant le soleil. Elles sont plus faciles à apercevoir autour de la lune qu'autour du soleil dont la lumière éblouit le spectateur.

« Lorsque le soleil est près de l'horizon et que l'ombre de l'observateur tombe sur de l'herbe, sur un champ de blé, on remarque autour de l'ombre une lumière particulière fort vive, surtout dans le voisinage de la tête. Ce phénomène est commun dans les mers polaires. Un observateur placé dans la hune du mât de misaine voit souvent quatre ou cinq cercles dessinés sur la brume.

Halos, Parhélies et Cercles parhéliques. — « Ils n'existent que lorsque l'air est rempli de particules glacées. On remarque d'abord un grand cercle vertical dont le soleil est le centre. Ce cercle, appelé halo, est coupé par un autre cercle horizontal qui passe par le centre du premier; au point d'intersection des deux cercles sont des surfaces régulières lumineuses appelées parhélies. Ce cercle horizontal est toujours blanc. Souvent on observe plusieurs parhélies sur ce cercle placées à des distances variables du halo blanc; puis des portions de cercles tangentes à la partie supérieure du halo. et enfin des cercles circumgénitaux colorés.

Arc-en-ciel. — « Le phénomène de ce nom a lieu lorsque les rayons du soleil à l'ho-

rizon viennent frapper sur ces gouttes de pluie. Il se compose ordinairement de deux arcs : l'un, extérieur, est formé du haut en bas des couleurs suivantes : *violet*, *indigo*; *bleu*, *vert*, *jaune*, *orangé*, *rouge*; dans l'arc intérieur qui est moins visible, les couleurs se suivent dans un ordre inverse. Le centre de l'arc-en-ciel est toujours placé sur la ligne qui passe par le centre du soleil et l'œil de l'observateur. »

ORFÉVRERIE. *Voy.* BIJOUTIER-ORFÉVRE.

ORGUE DE BARBARIE, D'ALLEMAGNE, OU ORGUE A CYLINDRE. — Instrument mécanique conçu exactement sur le principe de l'orgue ordinaire, mais dans lequel une manivelle, qui met le soufflet en mouvement, fait en même temps tourner un cylindre sur lequel sont placés des crans qui remplacent les doigts de l'exécutant et font lever une bascule qui permet à l'air de s'introduire dans les tuyaux; les points extrêmes de l'axe du cylindre étant mobiles, on peut y noter différents airs qui se produisent en raison du lieu où le cylindre est momentanément fixé. On en a quelquefois construit d'une assez considérable dimension; mais les plus répandus sont précisément les plus petits, dont on se sert pour apprendre des airs aux oiseaux et que, pour cette raison, l'on appelle *serinettes* et *merlines*. — On nomme *tonotechnie* l'art de noter les cylindres, c'est-à-dire d'y implanter régulièrement les crans qui doivent mettre les tuyaux en résonnance (1).

ORGUE EXPRESSIF. — En 1829, M. Erard s'occupait d'un nouvel orgue pour la chapelle des Tuileries. Indépendamment des ressources et des perfectionnements que présentait celui de 1827, il y avait introduit un jeu d'*anches libres* (*Voy.* l'article ORGUES), rendu expressif par le seul enfoncement des touches. L'exécution de ce jeu fut confiée à un nommé Cosyn, qui avait travaillé chez Grénié à faire des essais, et avait construit les premiers instruments. Ce fut lui qui fit aussi les trois jeux expressifs de l'orgue de Beauvais. — L'orgue qu'Erard faisait poser en 1830 fut brisé dans les journées de Juillet, et les débris en furent dispersés. Cependant le jeu expressif fut sauvé, et M. Pierre Erard, neveu de Sébastien, l'a conservé dans ses ateliers; mais jusqu'à présent cette invention n'a eu aucune suite.

Malgré ces tentatives, l'orgue expressif serait resté presque ignoré si une cause bien minime n'était venue lui procurer une grande popularité. En 1829, un sieur Pinsonnat se fit breveter pour la découverte d'un nouveau diapason nommé *typotone*. Ce n'était qu'une languette de métal fixée sur une petite plaque de nacre ou d'argent que l'on plaçait entre les dents, et que l'on mettait en vibration au moyen du souffle de la bouche (2). Ce petit instrument donna l'idée de réunir plusieurs de ces languettes sur une même plaque et d'en faire un jouet d'enfant; puis on augmenta successivement le nombre des languettes et les dimensions de l'instrument au point de ne pouvoir plus le jouer à la bouche. Alors on en fixa les lames à un petit soufflet qu'on faisait agir entre les mains, pendant que les doigts, appuyant sur un clavier de quelques touches, donnaient issue à l'air comprimé, ce qui mettait les lames en vibration. Cet instrument ou plutôt ce joujou, que l'on nomma *accordéon*, eut une vogue prodigieuse, et, tout indigne qu'il était, il osa pénétrer jusque dans le sanctuaire, où le mauvais goût souffrit qu'il mêlât sa voix aigre à la majesté des chants divins.

Mais bientôt l'accordéon lui-même prit des proportions si étendues, que l'on ne pouvait plus le tenir entre les mains, ni en faire agir les touches devenues trop nombreuses, et l'on prit le parti d'en faire un instrument à clavier régulier et à soufflets séparés mis en jeu par les pieds. — Les premières de ces orgues, qui avaient beaucoup d'analogie avec les anciennes *régales*, n'avaient que trois octaves; mais on ne tarda pas à leur en donner jusqu'à sept. Fourneaux en fit à deux claviers, dont l'un sonnait le *seize pieds* et l'autre le *huit pieds*. (*Voy.* l'article ORGUES.) On plaça dans les anches des tables d'harmonie qui donnèrent aux sons de la rondeur et de la force. Enfin M. Debain en fit à quatre registres différents par leur accord et par leur qualité de sons. Comme le prix peu élevé de ces orgues les rendit bientôt populaires, et que leur vente produisit des bénéfices considérables, beaucoup de personnes se mirent à en fabriquer, et l'on en vit paraître une quantité considérable sous les noms d'*éoline*, *élodicon*, *harmonica*, *orgue expressif*, *poïkilorgue*, *harmonium*, *aérophon*, etc., quoique au fond ce fût toujours le même instrument, lesquels eurent une grande vogue, la vogue de la nouveauté; mais ils ne la justifiaient aucunement, attendu qu'ils n'avaient rien de cette solidité de l'orgue à tuyaux, de cette puissance et de cette suavité de sons qui le distinguent.

L'empirisme et la routine seuls avaient guidé les facteurs qui s'étaient occupés de cet objet, l'art n'avait pas dit son dernier mot. — Il s'agissait avant tout de découvrir les lois acoustiques et physiques qui régissaient ces lames vibrantes, afin que, procédant avec symétrie, on en pût analyser les ressources, faire en sorte d'éviter le timbre maigre et nasillard qui leur est particulier, et donner au contraire plus d'ampleur et de vigueur aux sons qu'elles produisent. Afin de leur ôter leur timbre métallique, on avait bien essayé de renfermer ces lames dans des caisses hermétiquement closes, mais on ne fit rien encore de nouveau, car les sons qu'on obtint, assez mélodieux il est vrai, avaient ce désavantage capital, d'être d'une faiblesse extrême.

Le découragement s'était emparé des fac-

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*.
(2) C'est ce que, bien avant 1829, dans nos écoles, nous appelions *guimbarde*.

teurs, et on était menacé de perdre le fruit de tant d'efforts et de ne pouvoir réaliser la belle pensée qui les avait animés, lorsque M. Stein, facteur d'orgues à tuyaux, bien connu par les importants travaux qu'il exécuta en ce genre, fit connaître à cette époque un nouveau moyen d'appliquer cette lame métallique, et vint enrichir la science de ses belles observations sur la forme la plus convenable qu'on devait donner à l'anche et sur les matières les meilleures à employer pour leur fabrication. Le nouveau moyen que proposait M. Stein consistait en une série de cases sonores ou caisses vides, sur lesquelles il adaptait les anches et dont il était parvenu à construire le diapason exact, après des recherches sans nombre et un travail opiniâtre et soutenu. Ces cases sonores, qui vibraient à l'unisson de la lame métallique, faisaient l'office de tuyaux ordinaires en coûtant bien moins cher et sans prendre autant d'espace, enveloppaient le son, l'augmentaient considérablement et lui ôtaient l'âcreté que l'on avait jusqu'alors supposée inévitable. Muni de cette belle innovation, par laquelle il produisait des sons d'une puissance égale à celle des tuyaux et dont la qualité ne le cédait pas à ces derniers, M. Stein établit un nouveau système d'*orgues expressives* qu'il disposa de telle sorte que, par un mécanisme d'une simplicité exemplaire et par là d'une grande solidité, ces instruments pouvaient être livrés à un prix peu élevé.

Nous allons donner en peu de mots l'explication de ces sortes d'instruments en nous basant sur celui de M. Stein, qui mérite à tous égards la seule mention que nous puissions donner. Un soufflet est disposé sous l'instrument de manière qu'en pressant des pieds deux planches de bois ou patins, ce soufflet s'enfle et va exprimer son vent dans une caisse dite *chambre à vent*. Là, au moyen de registres placés au-dessus du clavier, l'organiste peut faire entrer le vent dans tel ou tel jeu. Le clavier ayant pour fonction de soulever les soupapes placées au-dessus des anches, c'est-à-dire des lames, permet à l'air contenu sous le jeu de s'échapper en glissant entre les lames dont les soupapes sont ouvertes, et de cette manière de les faire vibrer.

Il existe, nous l'avons dit, dans l'instrument de M. Stein une amélioration heureuse pour la qualité des sons, celle des *cases sonores*. Ce sont des espèces de caisses formées par l'assemblage de feuillets minces en bois de tilleul, lesquelles, ayant une capacité raisonnée, vibrent à l'unisson de la lame qu'elles supportent; chaque lame a sa case propre et la forme intérieure de ces cases, ordinairement parallélipipédique, varie cependant avec les dimensions, selon le timbre de chaque jeu.

On ne comprend pas comment, jusqu'à l'invention de ces cases par M. Stein, c'est-à-dire jusqu'en 1847, on n'ait pas eu l'idée de ce perfectionnement. Le motif, nous le croyons, est que malheureusement la facture d'orgues n'avait pas encore compté de constructeurs acousticiens.

On s'étonnera peut-être de voir notre prédilection pour les deux facteurs Stein et son fils; mais nous ne faisons ici que leur rendre justice. Puissent ces témoignages que nous donnons à leur talent les consoler au milieu des déboires qu'ils doivent éprouver dans le cours de leur carrière et de leur profession!

ORGUES. — L'orgue est le plus grand, le plus harmonieux et le plus puissant des instruments de musique. Il forme à lui seul un orchestre par la variété des sons qu'il produit, et par la diversité des instruments qu'il imite; il réunit le jeu tendre de la flûte, le cri perçant du fifre, les sons champêtres des musettes, des hautbois, des clarinettes, des bassons; le bruit éclatant des clairons et des trompettes; il rend les effets de l'écho et semble même emprunter les accents des voix humaines. C'est pourquoi il a conservé le nom d'orgue, qu'on donnait autrefois à toutes sortes d'instruments, c'est-à-dire *l'instrument par excellence*. Par sa nature, par son mécanisme, par ses inépuisables ressources, il semble tout à fait digne de l'usage auquel on l'a spécialement destiné, savoir, de présider aux réunions dans lesquelles on invoque la Divinité, soit qu'il unisse ses grandes voix aux prières des fidèles, soit qu'il alterne avec elles, entretenant sans cesse dans tous les cœurs les sentiments de ferveur et de reconnaissance.

L'invention des orgues est aussi ancienne que le mécanisme en est ingénieux. Les voyageurs rapportent que les Chinois ont eu, longtemps avant les autres, une sorte d'orgue, mais assez petit pour qu'on pût le porter dans la main.

La facture d'orgues à tuyaux, de même que tous les arts, n'a dû se développer qu'avec les autres connaissances humaines, et de plus, subir toutes les influences des progrès et des perfectionnements de presque toutes les sciences, physiques, mécaniques et métallurgiques, et particulièrement de la science musicale. Aussi, si l'on se reporte à cette époque que signale la naissance du Christ, verra-t-on l'orgue dans l'enfance la plus complète.

Inventé par Ctésibius, mathématicien d'Alexandrie, environ 150 ans avant l'ère chrétienne, on ne connaissait cet instrument que sous le nom d'*hydraule*, (ὕδωρ, eau, et de αὐλός, flûte), c'est-à-dire de machine hydraulique; attendu que vers ce temps on ne se servait pas de soufflets pour alimenter les tuyaux. Une chute d'eau, convenablement employée, chassait vivement l'air dans les conduits, et la touche servait à donner passage à cet air qui devait faire vibrer le tuyau qui lui était afférent. On conçoit combien ce mode d'alimentation devait être inégal, et combien l'accord des sons devait en souffrir; néanmoins les hommages de nos plus illustres écrivains profanes

et sacrés n'ont pas manqué à cet instrument, et il fut maintes fois célébré en prose et en vers.

Tertullien et Claudien sont les deux plus grands admirateurs de l'hydraule, ils en parlent dans les termes les plus éloquents. Saint Jean Chrysostome nous le fait également connaître comme une merveille sans égale. Quoi qu'il en soit, toujours est-il que l'hydraule fut une des plus belles inventions de son époque. Cette conception fut le premier pas dans celle du magnifique instrument qui nous occupe, et si l'empereur romain Néron n'a fait que ce seul bien, celui d'avoir retrouvé l'hydraule, sachons-lui en gré. Tout le monde connaît l'anecdote racontée par Suétone, que ce prince, s'occupant plus des choses futiles que de celles ayant rapport à la bonne administration de l'empire, avait su reconstruire entièrement l'orgue hydraulique et retrouver les idées de Ctésibius et de Hiéron, et que, quoique attaqué par Vindex et Galba révoltés, il n'en continuait pas moins ce travail, puisque, pendant le plus fort du danger et au moment où il avait le plus besoin de l'appui du sénat, au lieu d'en solliciter de prompts secours, il passa la plus grande partie de son temps à leur expliquer le mécanisme de cet instrument et à le leur faire entendre, leur promettant d'en jouer souvent au théâtre, pourvu que Vindex lui en laissât le loisir.

Dès cette époque, l'hydraule servit à une foule d'emplois. Dans les cirques, il réglait les combats des gladiateurs et des athlètes; dans les théâtres, il intervenait surtout pour guider les exercices des pantomimes; dans les palais, il présidait à tous les festins et à toutes les fêtes. Bientôt l'emploi de l'hydraule s'étendit considérablement, et au IVe siècle, on le rencontrait en Italie, dans les Gaules, partout enfin où Rome avait porté son luxe et ses plaisirs.

Théodoret, saint Augustin, saint Hilaire, saint Ambroise, Cassiodore, etc., ont connu l'hydraule, et nous apprennent que de leur temps l'usage profane que l'on faisait de cet instrument était cause que jusqu'alors on ne l'avait pas employé dans les basiliques chrétiennes aussi ne voyons-nous son usage définitivement consacré qu'en 660, alors qu'un bref du Pape Vitalien vint en ordonner l'adoption générale. De ce moment date véritablement l'ère de l'orgue; car ce n'est guère que de ce temps que nous le voyons grandir et prospérer pour venir, à travers quinze siècles, atteindre les hautes limites de perfection auxquelles il est arrivé de nos jours.

Quoique, suivant une ancienne tradition adoptée par plusieurs historiens, il semble avéré que le premier orgue qui parut en France fut celui qu'envoya Constantin V, Copronyme, à Pépin le Bref, vers 757, et qui fut placé dans l'église de Sainte-Corneille à Compiègne, cependant des documents très-authentiques nous apprennent qu'il était déjà connu avant ce temps; car Clovis, qui, comme on le sait, aimait fort la musique, reçut en gage d'alliance, de Théodoric, roi des Ostrogoths, un orgue et un chanteur nommé Acorède, *lesquels faisaient le ravissement de la cour de ce prince*. Il ne reste aucun moyen de se convaincre du système de ces deux instruments; mais par analogie il est à croire que c'étaient des orgues hydrauliques.

L'orgue pneumatique était cependant connu, car on en trouve une description dans une épigramme de Julien l'Apostat; et saint Augustin, dont les expressions ne laissent aucune équivoque, dit l'avoir également vu; mais soit que l'hydraule valût mieux, ou soit que dans ce temps-là, comme aujourd'hui, les innovations n'eussent pas le mérite de plaire, toujours est-il que l'hydraule disparut sinon entièrement, car on en trouvait encore des traces en Italie au XVIIe siècle (l'hydraule qui existait dans la célèbre *grotte de Ferrare* et qui s'alimentait naturellement, conception du fameux cavalier Bernin, en est une preuve), du moins il ne s'employa plus au XIIe siècle, et l'orgue pneumatique conserva seul les priviléges attachés à l'orgue et à ses fonctions. Il résulte encore de l'épigramme de l'empereur Julien et de la description de l'orgue par Vitruve, que la première idée du système des orgues pneumatiques, c'est-à-dire de l'alimentation de vent par condensation, se composait d'une ou plusieurs outres que l'on remplissait d'air à l'aide du souffle. Les soufflets, quoique encore bien imparfaits, ne tardèrent pas à être appliqués cependant, et l'obélisque de Théodose, à Constantinople, érigé après la mort de ce prince, présente sur l'une de ses faces un orgue à soufflets, de la forme des pistons de nos soufflets actuels, que deux personnages pressent de leur poids : on aperçoit un conduit qui amène le vent puisé par ce soufflet dans le système de l'orgue.

Maintenant que nous avons suffisamment établi les commencements de l'orgue, du moins autant qu'il est possible de le faire dans cet article, nous allons suivre, sans nous écarter, la suite chronologique des faits qui s'y rapportent.

Ce ne fut qu'en 811, sous le règne de Charlemagne, que l'on commença à construire des orgues en France. Ce prince, en ayant reçu deux en présent de l'empereur byzantin Nicéphore, et en ayant été charmé, ordonna à ses ouvriers d'en construire de semblables et de les imiter en tous points. Jusque-là, l'art de construire des orgues était resté du domaine de l'Orient; mais l'initiative de Charlemagne produisit ses fruits, et l'Occident rivalisa dès lors avec avantage et resta bientôt sans égal.

En 822, Louis le Débonnaire fit venir de Venise un moine nommé Georges, mécanicien habile, et le chargea de lui construire un orgue pour l'église de son palais d'Aix-la-Chapelle. Cet instrument, au dire de Walafrid Strabon, avait une mélodie si ravis-

sante, « qu'une femme en perdit la vie dans les transports qu'il lui causa. » Sans suivre pas à pas toutes les constructions d'orgues, nous citerons seulement comme remarquable l'orgue que fit construire Elphége, évêque de Winchester, en 951, lequel se composait de 40 touches, de 400 tuyaux et de 26 soufflets. Il fallait deux organistes pour le jouer et 70 hommes robustes pour faire fonctionner les soufflets. Les touches de cet instrument avaient 5 pieds 6 pouces de long, et 6 pouces de large. On était obligé, pour le jouer, de frapper les touches avec le poing et de les enfoncer avec le pied.

Ainsi qu'on peut le remarquer, il y avait déjà du progrès à cette époque, et l'orgue commençait à devenir cet instrument à part que nous connaissons tous par l'imposante majesté de ses formes, et par le sublime exalté de ses chants. Cependant, au lieu d'acquérir de nouvelles perfections, car on pourrait s'attendre que dès lors il doive augmenter en ressources et en combinaisons, il semblerait, au contraire, que l'orgue ait dégénéré, et l'on est tout étonné, en consultant les documents postérieurs aux temps où nous en sommes restés, que, de ***monument***, l'orgue redevint ***jouet*** pour ainsi dire; car du XIe au XVIe siècle, on ne connaissait plus de l'orgue que les ***nimphali***, les ***torsellum*** et les ***rigabellum***, noms divers qui servaient à désigner cet instrument, selon l'emploi que l'on en faisait, ou selon la quantité de tuyaux qu'il possédait. — Les nimphali surtout étaient d'un usage admis pour les processions; ils consistaient en une forme de boîte que le clerc portait sur un bras, tandis qu'avec la main de l'autre bras il touchait le clavier : une seconde personne suivait de près et avait pour fonction de faire agir le soufflet qui se trouvait par derrière cet instrument, ou bien encore le clerc lui-même soufflait avec la main qui lui restait libre. La forme de ces soufflets ressemblait assez à celle de ceux dont on se sert pour le feu de nos cheminées. En Allemagne cependant, même au XIVe siècle, la facture de l'orgue était très-avancée. Déjà l'on commençait à construire des 16 ***pieds*** et des 32 ***pieds***, ce qui doit faire supposer que le système de la soufflerie était déjà amélioré. — *Voy.* plus bas la définition de ces mots.

Ce ne fut qu'en 1570 que le facteur allemand Jean Lobsinger, de Nuremberg, inventa les soufflets à éclisses employés encore aujourd'hui avec bien des perfectionnements. Avant lui, les soufflets de l'orgue avaient quelque analogie avec ceux dont se servent les forgerons. Ils n'étaient point chargés de poids pour régler la force du vent, mais on attachait un ***sabot*** de bois à l'extrémité supérieure de la table, le souffleur se tenant comme suspendu à une perche horizontale, mettant un pied dans le sabot d'un soufflet et l'autre pied dans le sabot du soufflet voisin, et portant tantôt le poids de son corps à droite, tantôt à gauche, il faisait baisser un soufflet tandis que l'autre remontait. On conçoit combien cette manœuvre devait être fatigante et inégale et subordonnée à la lourdeur du souffleur; aussi est-il difficile de comprendre comment de pareilles orgues pouvaient être accordées et même rester d'accord. L'innovation de Jean Lobsinger ouvrit une nouvelle voie aux progrès de l'orgue, et désormais on put l'augmenter en combinaisons. Le système entier s'en ressentit complétement; le vent put alors être régularisé, le nouveau mécanisme être mieux entendu que l'ancien.

L'une des premières grandes orgues qui fut établie selon le système des soufflets à éclisses, fut l'orgue de l'église Sainte-Marie-Madeleine à Breslau, lequel, composé de 36 jeux, trois claviers et pédales, fut achevé en 1596. Il s'y trouvait 114 tuyaux en étain, 1567 en métal et 53 en bois, en tout 1734 tuyaux. On y distinguait, entre autres jeux, un principal de 16 pieds et un de 8 pieds, un ***quintatonbasse*** de 16 pieds, un ***soubasse*** de 32 pieds, un ***sardineubasse*** et un ***posaunbasse*** de 16 pieds. Ce fut pour cet orgue que Esaï Compénius inventa la ***flûte double***.

Il faut donc reconnaître qu'au XVIe siècle, le plan de l'orgue était définitivement arrêté, et que depuis, s'il a reçu d'immenses accroissements, ils ne consistent que dans la partie mécanique et dans ses détails : mais les divers usages qu'on en a faits, les sentiments des nations qui l'ont construit, les différences de cultes et de religions ont exercé une influence toute particulière sur sa composition et ses effets harmoniques. On peut encore aujourd'hui remarquer la dissemblance qui existe entre les orgues employées dans les églises catholiques et dans les temples protestants. — Dans celles-là, l'orgue possède éminemment un caractère de grandiose et de sublime reflet des grandeurs et de la beauté des cérémonies augustes auxquelles il est appelé à prendre part; tandis que dans ceux-ci, on lui trouve ce caractère mesquin dérivant du peu de pompe des offices du calvinisme et des tristes emplois qu'il remplit : il n'y sert absolument que de soutien dans l'exécution des chants dont la monotonie n'est rehaussée par aucun sentiment du vrai, ni de la foi.

En France, où les anciens rites de la liturgie catholique se sont conservés intacts, le grand orgue alterne avec le chant du chœur et des fidèles, et comme les offices se composent d'un grand nombre de prières, de cérémonies, de pratiques, dans lesquelles l'orgue est employé, il en résulte que la première condition pour le perfectionnement de nos orgues a été la variété des jeux et des ressources. Mais en Allemagne, où la réforme prédomine, et où l'orgue ne sert absolument qu'à accompagner de grandes masses de voix, le seul but des facteurs de cette contrée est de fournir cet instrument de ***jeux de fonds*** particulièrement; aussi y remarque-t-on rarement les ***jeux d'anches***, et y aperçoit-on au contraire des ***plains jeux*** et

des fournitures de toutes sortes et en grand nombre (1).

Ces causes que nous venons d'énumérer, n'ont pas eu pour résultat la seule composition des jeux, mais elles ont encore exercé une grande action sur l'harmonie et sur l'accord de cet instrument. L'impossibilité de rendre justes tous les intervalles qui composent la gamme chromatique, fit imaginer d'abord de couper les feintes en deux : l'une des parties aurait servi pour les bémols, et l'autre partie pour les dièses; mais la grande difficulté que présentait ce moyen à l'organiste, l'a fait complétement abandonner, et l'on se résolut à accorder des feintes, de sorte que leur ton ne fût ni celui des bémols, ni celui des dièses, mais qu'il présentât un juste milieu entre ces deux tons. C'est ce genre d'accord qu'on est convenu de désigner par *tempérament*. En Angleterre, où l'orgue ne sert absolument qu'à accompagner les chants du culte anglican, c'est-à-dire des chants qui ne modulent point et qui sont toujours dans le même mode et dans le même ton, l'usage général est d'accorder les orgues sans tempérament; il n'y a alors qu'un ou deux tons de justes, et s'il arrivait qu'on y voulût moduler, l'on ferait une cacophonie dont les oreilles, quoique peu délicates de nos voisins, ne sauraient être que très-peu réjouies. C'est afin de pouvoir accompagner et jouer séparément quand l'organiste le voudra, que le grand orgue de Saint-Paul à Londres possède deux séries de claviers: l'une est accordée sans tempérament, et l'autre possède conséquemment le tempérament. Nous n'insisterons pas sur ce fait, nous laissons au lecteur le soin de juger quel est le meilleur de ces deux systèmes d'accorder, et nous en revenons à notre historique que nous avons un peu perdu de vue.

Lorsqu'un art cesse de faire des progrès, il n'est pas rare de le voir décliner; l'ignorance s'empare des découvertes dues au génie et les emploie sans discernement. L'ouvrier succède à l'artiste et la routine lui tient lieu de science; on en voit encore de tristes effets aujourd'hui; ne pouvant rien créer d'utile, il se jette dans de ridicules innovations auxquelles trop souvent le mauvais goût applaudit. L'orgue n'a pas été à l'abri de ces fâcheuses influences. Dans le courant du XVIIe siècle, on se donna beaucoup de peine et l'on fit de grandes dépenses pour la décoration extérieure de l'orgue : on garnit les buffets de statues, de vases, de figures d'animaux, souvent on orna les tuyaux de montres de peinture et de dorure: les bouches représentaient, soit des masques hideux ou des visages repoussants, quelquefois on se bornait à les orner de têtes de lion. On a été plus loin, on a converti en véritable théâtre de marionnettes l'instrument destiné à contribuer aux solennités du culte divin. Dans ce ridicule spectacle il était ordinaire que les figures d'anges ou de saints jouassent de quelque instrument et même simplement un rôle. Il n'existait plus de ce calme plastique et imposant qui doit distinguer l'orgue, et on conçoit que ces mouvements à l'extérieur, lesquels distrayaient et égayaient la vue, devaient détruire tout charme et toute illusion.

Plus tard, le mauvais goût voulut encore que l'orgue, au lieu de ces effets à part, de cette essence de sons toute particulière, de ce cachet surnaturel qu'il doit posséder, imitât non-seulement la voix de l'homme, mais encore celle des animaux, des oiseaux, le bruit de la grêle, le roulement du tonnerre, etc. Hâtons-nous de dire cependant qu'aujourd'hui on a fini par comprendre que l'orgue ne devait pas se prêter à ces sortes de mystifications, et que malgré la tendance qu'il a d'imiter les divers instruments de l'orchestre, il ne doit pas s'abaisser à les copier: le cachet qui le distingue ne doit avoir rien de mondain, rien de terrestre. On peut affirmer que, sous le rapport de l'esthétique, ce magnifique instrument est présentement à son apogée.

Avant de conclure et d'indiquer succinctement les différentes pièces et parties de l'orgue, consacrons quelques lignes aux illustres artistes auxquels nous le devons, et dont la vie entière n'a eu bien souvent pour récompense et pour salaire que la satisfaction de voir leurs œuvres passer à la postérité.

Les plus anciens facteurs d'orgues que l'on connaisse sont : Joachim Schund, qui construisit, en 1356, l'orgue de Saint-Thomas de Leipsick, et Nicolas Faber, qui vivait à la même époque, et auquel on doit le premier orgue à pédales séparées, qu'il établit dans la cathédrale d'Halberstad : c'est aussi le premier orgue qui contint un positif. Les moines et les religieux des couvents qui cultivaient les lettres et les beaux-arts dans le moyen âge, s'appliquèrent avec beaucoup de zèle à la fabrication de l'orgue, mais bientôt l'Allemagne et l'Italie purent compter un grand nombre d'habiles facteurs séculiers. Dans le XVIIIe siècle leur nombre devint très-considérable, et l'Europe se trouva remplie d'une grande quantité de magnifiques instruments. Parmi les facteurs les plus renommés, on cite à Brescia, la famille des Antegnati qui florissait vers la fin du XVIe siècle; à Bergame, la famille Serassy; à Milan, Christoforo Valvasora; à Sienne, Azzolino della Ciaja, qui fabriquait lui-même, en 1733, le superbe orgue des chevaliers de Saint-Etienne à Pise, considéré comme l'un des plus beaux de l'Italie, et même de l'Europe. A Venise, Callido qui construisit dans la seule année de 1795 trois cent dix-huit de ces instruments.

Ce fut surtout en Allemagne et dans la Saxe que l'art de construire les orgues fut porté à un haut degré. On y compte plus de 200 facteurs en tête desquels on place la famille Silbermann; Hildebrand, le meilleur élève de Godefroy Silbermann; Hébert, qui construisit dans l'église d'Halberstad un

(1) *Voy.* plus loin la définition de tous ces mots.

orgue de 74 jeux, dans lequel, outre les trois claviers de l'orgue, deux claviers latéraux étaient disposés pour que trois organistes pussent jouer en même temps; Seuffert, qui vers fin du XVII° siècle, construisit plus de 200 orgues; Gabler, auteur de l'orgue célèbre de l'abbaye de Weingarthen, et Sommer, à qui on doit celui de Harlem, encore plus renommé.

En France, les Thierry, les Lépine, les Isnard, les Dallery et les Clicquot ont surpassé les Allemands, surtout par la beauté des jeux d'anches et la suavité moelleuse des jeux de fonds. Ce dernier facteur a peuplé la France de magnifiques instruments, parmi lesquels on peut citer comme les plus remarquables ceux de Saint-Sulpice à Paris, de Sauvigny et de la cathédrale de Poitiers. Celui de Sauvigny n'a encore subi aucun changement et il est tel qu'il est sorti des mains de Clicquot.

L'Angleterre a aussi ses célébrités : Dallans, vers le milieu du XVII° siècle; Schmidt, auteur de l'orgue de Saint-Paul à Londres; Schnetzler, Bridge, Green, Byfield, Haris et Flight. — Au XIX° siècle, Russel, Lincoln, Gray, Elliot et Hill, son associé. Rishop, Bevington et Smist, auteurs de l'orgue de l'abbaye de Saint-Bath, ont construit des instruments renommés; mais ceux à qui la facture d'orgues est le plus redevable de ses progrès sont Flight fils et Robson; ils sont auteurs de l'orgue colossal de Londres, auquel on a donné le nom d'*Apollonion*. Cet immense instrument a coûté à établir, dans l'espace de 5 ans que dura sa construction, plus de 250,000 francs. Malheureusement il est aujourd'hui dans le plus complet délabrement.

L'Allemagne cite l'orgue de la cathédrale épiscopale de Breslau. Cet instrument remarquable, commencé en 1801 par Janiezeck et terminé en 1805 par le facteur Müller, se compose de 60 jeux. — Le fils de celui-ci construisit quelque temps après plusieurs orgues estimées. Enfin en 1833, Valter termina le grand orgue de Francfort-sur-le-Mein. Nous ne pouvons passer sous silence le grand orgue de Fribourg si renommé pour ses voix humaines. Cet instrument est construit d'après le système des orgues d'Allemagne, et les jeux de fonds, surtout les gambes solitional et quintaton, sont d'une fort belle qualité; mais les jeux d'anches, en général, sont rauques et stridents : heureusement qu'ils y sont en très-petit nombre. Les voix humaines si vantées n'ont rien de particulier dans leur structure, et leur succès exagéré est plutôt dû aux causes acoustiques du local où elles se trouvent, et à l'art avec lequel l'organiste sait en tirer partie, qu'à toute autre disposition. Ce jeu est placé dans le pied de l'orgue, derrière une petite montre opposée à la grande et donnant sur un porche que l'on traverse pour entrer dans l'église. Les sons de ce jeu sont donc forcés de passer par le porche avant de se répandre dans l'intérieur de la nef; d'où il résulte qu'ils n'arrivent à l'oreille qu'épurés en quelque sorte de ce qu'ils ont de matériel, et si faibles, que l'imagination est obligée de suppléer bien souvent à l'organe de l'ouïe.

La révolution de 1793, en renversant nos églises et en dévastant celles qui restèrent debout, n'épargna pas les orgues. On ne sauva guère que celles qui furent employées à accompagner les chants patriotiques dans nos cathédrales changées en temples de la Raison, et celles qui se trouvèrent dans les églises converties en magasins à fourrage. Pour réparer tant de pertes et satisfaire tant de besoins, la facture d'orgues en France n'était guère représentée, à part quelques ouvriers mal habiles, inconnus, et qui, tous plus ou moins initiés à la partie matérielle de leur art, étaient trop peu instruits pour lui faire faire le moindre progrès, que par Dallery, fils de Pierre Dallery, l'ancien associé de Clicquot, et par Callinet, élève de Sommer. Le sentiment de ce gigantesque travail, celui de la construction d'un bon orgue, allait s'éteindre, et nous étions menacés de la perte réelle d'un savoir que tant de siècles avaient à peine fécondé, lorsqu'un homme de génie, Sébastien Erard, donna une nouvelle impulsion aux progrès de la facture d'orgues et la mit sur la voie des perfectionnements dont elle fut l'objet dans ces derniers temps. Sébastien Erard mit au jour un orgue dont le mécanisme ingénieux surtout ne ressemblait en rien à ce qui s'était fait jusqu'alors. A la simplicité du travail se joignait une foule d'avantages et de combinaisons nouvelles que nos organistes savent si fort apprécier. A Sébastien Erard nous devons, en un mot, les soufflets compensateurs, les pédales d'accouplement et de combinaison, et l'introduction des jeux à anches libres.

Depuis cette époque, l'art dont nous nous occupons fit un pas immense dans la voie des améliorations, et nous donnerons un mot de reconnaissance à quelques-uns de nos facteurs contemporains dont l'histoire parlera, Stein, Barker et Cavaillé-Coll. A eux nous devons la supériorité, la suprématie sans réserve que notre facture a acquise sur celle de tous les peuples de l'Europe; et nous la devrons encore plus à un nouveau système, inventé tout dernièrement par un jeune homme aussi distingué que modeste, M. Stein fils, lequel, après un travail dont on se ferait difficilement une idée, a su appliquer, d'une manière tout à fait ingénieuse, les phénomènes de l'électro-magnétisme, en remplacement de tout le mécanisme si compliqué de l'orgue; nous parlerons plus loin de ce système et des grands avantages qui en résulteront pour la durée, la qualité et la régularité de tout le mécanisme de ce vaste instrument.

Maintenant que nous en avons fini avec l'exposé historique de l'orgue, du moins autant qu'il nous est possible d'en parler dans les limites qui nous sont imposées

dans cet ouvrage, il est bon que le lecteur connaisse, ou ait au moins quelques notions de sa construction.

L'orgue se compose essentiellement de trois choses : les tuyaux qui donnent les sons, le vent qui, produit par un soufflet, sert à faire vibrer ces tuyaux, et *un mécanisme*, à l'aide duquel l'organiste, par son clavier, fait communiquer tels ou tels tuyaux avec le vent. On conçoit que ces principes, bases fondamentales de tout orgue, peuvent recevoir des dispositions particulières en raison des lieux et de la quantité de tuyaux que l'organiste doit mettre en fonction.

On appelle *jeux de fonds*, *tuyaux de fonds*, ou *jeux à bouche*, les tuyaux à embouchure de flûte, c'est-à-dire ceux qui, comme la flûte, sont mis en vibration par le vent sortant d'une *lumière* que forme le pied du tuyau et qui vient se briser sur une lamelle appelée *lèvre*. On appelle *jeux d'anches*, ceux qui, comme certains instruments de l'orchestre, le hautbois, la clarinette, etc., produisent leurs sons au moyen d'une *languette* ou *lame de métal* suspendue d'un bout et dont l'autre bout est mis en vibration par le vent que conduit le pied du tuyau. On distingue deux séries de tuyaux à bouche : les *bouchés* et les *ouverts*. Les tuyaux bouchés ont le son plus sourd et présentent cette particularité, qu'à longueur égale le tuyau bouché donne exactement l'octave plus bas que celle du tuyau ouvert. On désigne communément par *bourdons* tous les tuyaux bouchés.

La forme des tubes est exactement cylindrique, mais certains jeux, comme le *dulciana* et autres, présentent un cône tronqué, le sommet en haut.

Il existe des jeux à bouche dits octaviants, tels sont la flûte octaviante, la flûte traversière, l'octavin, etc., dont les tuyaux sont doubles de la longueur qu'ils devraient avoir s'ils étaient ordinaires, et un trou se trouve percé à moitié juste de leur longueur, de sorte que, lorsqu'on les fait parler, ils donnent d'abord un ton, puis passent immédiatement à l'octave supérieure. Certains autres jeux à bouche sont disposés pour donner leurs harmoniques; ainsi le quintaton donne d'abord un ton, et passe ensuite à la quinte; cette dernière condition se remplit par l'effet de l'insufflation du vent dans le tuyau.

Il existe deux sortes de jeux à anches, les *libres* et les *battantes*. Les anches libres sont celles dont la languette accomplit toutes ses vibrations, et les battantes celles qui ne peuvent en accomplir que la moitié, attendu qu'elles se trouvent arrêtées à mi-course par l'espèce de gouttière qui les suspend. Le son des anches libres est doux, et celui des anches battantes est rauque et plus puissant. Les tubes pour les jeux d'anches sont de formes différentes et varient de grandeur selon les espèces. Le tube est conique, le sommet en bas, pour les clairon, trompette, euphone; en forme d'entonnoir pour le hautbois; d'entonnoir surmonté d'un cône tronqué pour le basson; d'un cône, le sommet en bas, surmonté d'un tube cylindrique, pour les jeux de voix humaines, cromorne, clarinette, etc. Le tube du cromorne est ouvert entièrement en haut; mais dans la voix humaine, on le ferme à moitié à peu près, à l'aide d'une plaque de métal que l'on y soude.

Les longueurs de ces tubes varient selon le diapason du jeu et de son espèce.

Certains jeux sont de *grosse taille* : ainsi sont les flûtes, les bourdons, les prestants, etc. D'autres sont de *menue-taille*, tels sont les solicional, gambe, flûte harmonique, traversière, viola di gambo, etc. Ces deux termes sont un peu abstraits, mais on en comprendra la signification aisément, car cela veut dire que les jeux de gambe ou de solicional sont plus petits de diamètre que la flûte ou que le prestant. La grosseur de taille influe beaucoup sur la qualité du son, et un jeu de grosse taille a le son bien plus intense que celui produit par un jeu de menue-taille, mais le timbre des jeux de ce dernier genre y gagne en richesse. Les jeux d'anches varient également d'intensité avec la grosseur des tubes. La pression du vent exerce aussi une grande influence sur la beauté du son des jeux : à certains, il faut un vent *mou* ; à d'autres, un vent plus rapide. Aussi les qualités d'un bon orgue dépendent-elles beaucoup de l'entendement et de l'arrangement des différents soufflets destinés à fournir des vents divers. Il est même à remarquer qu'il faudrait deux ou trois sortes de vents à un même jeu : un vent mou pour les basses, un vent un peu plus fort pour le medium, et un vent rapide pour les dessus; et l'on n'aura pas atteint les dernières limites des modifications, si l'on ne parvient pas à obtenir ce résultat. Nous ferons connaître à l'article ORGUES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES comment il a été obtenu.

L'expression *gravité* est consacrée pour désigner la tonalité; ainsi l'on entend par 32 pieds, 16 pieds, 8 pieds, 4 pieds, 2 pieds, 1 pied, des jeux dont le premier *ut* de la basse a 32 pieds, 16 pieds, 8 pieds, etc., de longueur, ou plutôt dont le plus grand tuyau, celui de l'*ut* de la basse, accomplit 32 vibrations par seconde pour un jeu de 32 pieds, 64 pour un jeu de 16 pieds, 128 pour un jeu de 8 pieds, 256 pour un jeu de 4 pieds, 512 pour un jeu de 2 pieds, etc. Les noms de 32 pieds, 16 pieds, 8 pieds servent aussi à désigner un orgue; ainsi l'on dit, c'est un 32 pieds, d'un orgue dans lequel il existe un jeu de cette gravité; on dit que c'est un petit 16 pieds, d'un orgue qui possède au moins un bourdon de 16 pieds; que c'est un petit 8 pieds, quand il n'y a qu'un bourdon de 8 pieds; qu'enfin c'est un grand 8 pieds, quand on trouve dans un orgue une flûte de 8 pieds, un bourdon de 8 pieds et une trompette.

Les matières employées à la confection

des tuyaux sont l'étain, *l'étoffe* (plomb et étain mélangés) et le bois. Comme il faut, avant tout, pour qu'un tuyau soit bon, que le tube ne vibre pas, l'étain étant un métal très-lourd et très-malléable, on l'emploie préférablement à tout autre, en ce qu'il remplit à peu-près toutes les conditions voulues. Cependant, quand les tuyaux doivent être gros, et lorsque l'on pourrait craindre, qu'étant fabriqués en étain, ils ne présentent pas toutes les garanties de solidité, on les construit en bois, ce qui fait peu d'économie, mais ce qui vaut tout autant.

Quelques facteurs font leurs tuyaux très-minces, c'est-à-dire avec des parois trop légères. Nous nous hâtons de conseiller aux fabriques des églises de se prémunir contre cet abus, en ce que des tuyaux de cette sorte ne peuvent ni donner de beaux sons, ni conserver leur accord. En s'adressant à des maisons de confiance, on n'a pas à craindre cette duperie, et il faut beaucoup mieux payer un peu plus cher un orgue construit par un artiste de réputation, que de se laisser séduire par un bon marché illusoire; car en fin de compte, un instrument défectueux coûte toujours très-cher par les fréquentes réparations qu'il exige et les changements continuels qu'il faut y faire.

Toutes ces notions étant données, il nous reste à dire un mot du mécanisme de l'orgue.

Il serait difficile, à moins de composer un ouvrage spécialement consacré à ce travail, d'exposer tous les moyens que l'on peut employer pour mécaniser les différentes pièces de cet instrument : comme cela est exactement du ressort de la science qui traite cette partie, nous passerons ce sujet sous silence pour ne nous occuper que du but de chaque fonction. Nous avons dit qu'avant tout il est nécessaire qu'un mécanisme soit adapté entre le clavier et les tuyaux, pour que les mouvements imprimés aux touches par les doigts de l'organiste se communiquent à ces tuyaux et les fassent résonner. Pour cela, on concevra que le vent envoyé par les soufflets vient en masse se réfugier dans une caisse appelée *sommier*, sur lequel reposent les jeux. Chaque touche, en s'enfonçant au moyen d'un tirage dont les dispositions sont plus ou moins compliquées, fait baisser une soupape qui lui est propre, et le vent, ayant libre accès par l'ouverture de cette soupape, s'engouffre dans le conduit sur lequel les tuyaux d'une même note sont fixés, et conséquemment fait parler ces tuyaux. Pour n'avoir qu'un seul ou plusieurs jeux qui parlent, des *registres* sont placés de chaque côté du clavier, et l'organiste, en les tirant, permet que ces jeux reçoivent l'influence du vent. Quand le registre d'un jeu est repoussé, les conduits de vent de chaque tuyau sont obstrués et ce jeu reste muet. Ces dispositions donnent ce que l'on appelle les ressources de l'orgue; et pour augmenter ces ressources, un seul jeu a quelquefois deux registres au lieu d'un seul; l'un de ces registres ouvre les basses, et l'autre ouvre les dessus.

Pour augmenter les ressources et la variété d'un orgue, il est une foule d'autres combinaisons, et pour ne pas être prolixe, nous énumérerons les principales seulement. On divise ordinairement un grand orgue en trois, quatre et même cinq corps séparés : le *grand orgue*, le *récit*, le *positif*, les *pédales* et le *clavier de bombarde*. Le grand orgue est le principe de tout instrument de ce genre, et, à mesure que l'on veut augmenter l'orgue, on lui adjoint, outre un plus grand nombre de jeux, le second corps désigné par le nom de récit, puis le positif, puis les pédales séparées, puis le clavier de bombarde. Chacun de ces corps de l'orgue doit posséder une essence de jeux dont la majeure partie ne doit pas se ressembler. Les jeux qui composent le grand orgue doivent être surtout de grosse taille, sonores et puissants; ceux du positif plus sourds et plus fournis de jeux de fonds; ceux du récit plus fins et plus délicats, d'un caractère suave et doux. Quant aux pédales séparées et au clavier de bombarde, on n'y place que des jeux graves et majestueux. L'étendue des jeux des pédales est au plus de deux octaves et demie et au moins d'une octave. Le grand orgue, le récit, le positif, le clavier de bombarde, se touchent à la main; ils ont tous au moins 54 notes (4 octaves 1/2) d'étendue, si ce n'est le récit qui fait exception et qui ne possède souvent que 42 notes (3 octaves 1/2) au plus, et 37 notes au moins, attendu que ce corps de l'instrument est spécialement destiné à exécuter des chants que l'on accompagne sur le positif. Il est cependant des orgues gigantesques où le récit possède ces 4 octaves 1/2 d'étendue. Les pédales se jouent aux pieds, sur un clavier nommé de pédales, disposé pour cela.

Il est ordinaire que le grand orgue possède une plus grande quantité de jeux que le positif, le positif que le récit. Quant au clavier de bombarde et à celui des pédales, leur nombre de jeux est ordinairement celui du positif; mais il n'est pas rare, et surtout dans les orgues françaises, de voir peu de jeux aux pédales.

Le grand orgue est ordinairement renfermé dans le corps principal du buffet, et le récit est au-dessus; les pédales séparées et les bombardes, de chaque côté ou derrière. Le positif est presque toujours disposé dans un petit buffet placé au milieu et en avant du buffet principal; il sert à cacher l'organiste.

Une soufflerie bien entendue doit, autant que possible, se trouver sous l'orgue; mais il est des cas où cela n'est pas possible, alors on la met derrière le buffet ou dans un lieu à part.

Parmi les autres combinaisons qui servent à augmenter la variété de l'orgue, on doit

citer principalement les *pédales de combinaisons*, dont les plus ordinaires sont celles dont la fonction est de tirer de suite les registres des jeux d'anches dans le grand orgue, et, dans le positif, d'accomplir les différents claviers ensemble, pour que d'un coup toute la force de l'instrument se trouve réunie à un seul clavier. D'autres pédales ont pour objet, soit de faire agir un *tremblant*, c'est-à-dire d'imprimer au vent et par là aux tuyaux, des secousses successives pour produire dans le son un petit tressaillement (le tremblant est ordinairement affecté au récit pour agir sur le jeu de voix humaine, et augmenter l'illusion que l'on en peut concevoir) ; d'exécuter un accouplement dans les octaves graves et aiguës aux différents claviers à la main, et ainsi de doubler ou tripler la puissance de l'orgue, etc., etc.

Le récit, et cela est encore une acquisition de ces derniers temps, est placé ordinairement dans une caisse fermant bien, ayant sur l'un de ses côtés des sortes de jalousies, qu'au moyen d'une pédale dite d'expression, l'organiste peut ouvrir plus ou moins, puis refermer ensuite, et de cette manière faire passer les sons par toutes les phases d'une gradation de force successive, et produire tous les effets d'écho, c'est-à-dire, musicalement parlant, donner aux mélodies toutes les nuances de *crescendo* et de *decrescendo* voulues.

On peut concevoir, par ces courtes explications, quel talent il faut à un facteur pour construire un bon instrument, et à combien d'études pratiques et théoriques il doit se vouer pour l'acquérir. Aussi sommes-nous surpris qu'en face d'une pareille intelligence, d'un travail pour lequel les auteurs ont fait tant de sacrifices, l'histoire soit autant restée muette ! Elle parle d'un peintre habile, d'un écrivain fécond, d'un sculpteur célèbre, d'un architecte fameux, et elle se tait sur le facteur qui illustre toute une époque. Serait-ce que le temps, ce grand rongeur (*tempus edax*), qui détruit plutôt cette œuvre colossale qu'il ne détériore un bas-relief, un palais, devrait effacer aussi de nos fastes jusqu'au souvenir de l'auteur qui a produit une aussi gigantesque conception ? Nous laissons à la chronique le soin de réparer cet oubli envers ces hommes de génie, heureux détenteurs de l'art dont nous parlons, et c'est un devoir bien doux pour nous que de leur témoigner ici notre gratitude. S'ils n'ont que la joie de voir leurs travaux appréciés par quelques écrivains libres et impartiaux, nous nous hâtons de prendre date, car notre cœur est leur partage et notre plume leur est dévouée.

ORGUES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES. — Jusqu'à présent, ainsi que l'on a pu le remarquer, l'art de la facture des orgues n'avait employé pour *mécaniser* l'orgue que les moyens ordinaires du mécanisme. Qu'en résulte-t-il ? C'est que, malgré toute la précision possible, malgré l'observation rigoureuse des lois de la statique, l'orgue ayant atteint des dimensions presque infinies, le mécanisme s'est compliqué de plus en plus, et de cet accroissement il résulte, à côté d'immenses avantages, des dangers sans cesse renaissants et inévitables pour la conservation parfaite de l'orgue et la régularité de ses fonctions. Voyons les chefs-d'œuvre de cet art, les plus beaux monuments de cette science, et rien ne nous semblera parfait.

Les modulations nombreuses de la musique actuelle, la rapidité de leur exécution, exigent des claviers d'une douceur exquise et d'une promptitude extrême. Les claviers sont durs et rendent encore avec difficulté. — D'un autre côté, la partie des sons, quoique ayant subi des améliorations sans nombre et atteint de hautes limites de perfection, n'est pas encore exempte de reproches et laisse beaucoup à désirer. Quelles en sont les causes ? La difficulté insurmontable que l'on rencontre quand il s'agit de diriger plusieurs espèces de vents dans un même jeu ; car, de même qu'une note produite par une corde à vide sur un violon, résonne avec plus d'ampleur que si la même note était rendue par l'effet du raccourcissement d'une corde par le doigt, de même le vent qui est propre à un certain tuyau pour le faire vibrer et donner au son de ce tuyau toute la qualité dont il est susceptible, sera tout à fait impropre à bien faire sonner un tuyau voisin. Les plus habiles facteurs et acousticiens n'ont pu se dissimuler ces divers inconvénients, et l'invention de l'orgue électro-magnétique, qui vient détruire toutes ces difficultés, nous semble être une de ces régénérations qui signalent une époque, et qui servira de cortége à notre siècle, aussi bien que ces créations grandioses auxquelles il a déjà donné naissance.

Cette invention étant avant tout gardée en privilége par l'auteur (1), nous ne pouvous en donner qu'un aperçu succinct et en définir les résultats principaux. Il faut d'abord concevoir qu'à l'aide de ce moyen l'auteur évite tout le mécanisme si compliqué de l'orgue et, conséquemment, toutes les inégalités et inconvénients qui en résultent. — L'électricité le remplace, et cela bien simplement ; car, à l'aide d'un fil conducteur, la touche du clavier conduit le fluide dans un électro-aimant placé sous la soupape, laquelle est ainsi ouverte et fermée avec une promptitude dont l'électricité seule est capable. Les registres s'ouvrent et se ferment de la même manière ; les accouplements s'accrochent et se décrochent également d'après une combinaison analogue. Nul doute dès lors que le système de l'orgue se trouve réduit à la plus grande simplicité. Ce mot, *plus de mécanisme*, définit assez quels sont les avantages de cette belle invention.

Le système de soufflerie d'un pareil orgue sera véritablement l'apogée de l'art, car

(1) Par brevet d'invention du 2 février 1852.

désormais chaque jeu, chaque tuyau, pour ainsi dire, pourra avoir son vent, et cela bien simplement; car, au lieu de deux ou trois réservoirs d'air que l'on mettait dans chaque orgue, on pourra en adapter une infinité. *Plus de souffleur;* car à l'aide de petites machines électro-magnétiques bien entendues, et d'une fonction admirable, l'auteur peut alimenter ces diverses soufflteries.

Dorénavant on ne sera plus astreint à fixer différentes espèces de jeux sur un même sommier; car, en quelque endroit que soient les tuyaux d'un orgue, l'électricité les atteindra. Chaque jeu pourra dès lors avoir son caractère propre et être disposé selon l'acoustique qui lui est convenable.

On conçoit, d'après ce que nous avons dit à l'article ORGUES, tout ce que gagneront l'harmonie et l'esthétique des sons. Ajoutons encore qu'à l'avenir on ne sera plus embarrassé pour assigner une place et un lieu convenable à l'organiste, puisque, pouvant accroître indéfiniment la longueur des fils conducteurs, l'organiste pourra être logé n'importe où, n'importe comment.

Voilà, en peu de mots, ce que nous pouvons dire de cette importante application; voilà ce que peut la science réunie à l'art.

Que M. Stein fils continue cet important travail, qu'il dote nos églises de ses chefs-d'œuvre, et sa gloire, éternisée par ses petits neveux en la science de la construction des orgues, n'en sera pas moins grande et vraie. S'il subit des contradictions, qu'il écrase les contradicteurs sous la puissance de la réalité, et, si nous ne sommes plus au temps où une corde ajoutée à la lyre remuait les empires, nous n'en vivons pas moins à une époque où tout ce qui est grand s'élève et où le génie jette quelque clarté.

OUTREMER. — On extrait cette couleur, qui possède une teinte bleue extrêmement riche, du *lapis-lazuli* ou *lazulite*, minéral assez rare qui nous arrive surtout de la Bucharie, par la voie d'Orembourg, et qui est composé, d'après Warrentrapp, de :

Silice	45,40
Alumine	31,67
Soude	9,09
Acide sulfurique	5,89
Soufre	0,95
Chaux	3,52
Fer	0,86
Chlore	0,42
Eau	0,12
	97,92

Le lapis-lazuli se présente en masses peu volumineuses, dont la densité = 2,75-2,95, d'un bleu d'azur très-brillant, d'une texture grenue et légèrement lamelleuse. L'on y trouve presque toujours disséminés des grains de pyrites d'un beau jaune d'or, qui, ressortant sur le fond bleu de la pierre, font un bel effet comme objet d'ornement. Le lapis-lazuli fond au chalumeau en donnant un émail blanc; sous l'influence des acides, il perd également sa couleur et donne de la silice gélatineuse.

On extrait l'outremer naturel employé en peinture des échantillons de lapis-lazuli les moins beaux et les moins riches, de la manière suivante : on concasse grossièrement la pierre et on trie à la main tous les morceaux de gangue stérile que l'on rejette; on introduit le reste dans un creuset et on le chauffe au rouge sombre, puis on l'étonne en le jetant encore rouge dans du vinaigre, où on le laisse digérer plusieurs jours pour dissoudre la chaux mécaniquement mélangée. On porphyrise alors avec soin le lapis-lazuli, et on l'incorpore avec son poids d'un mélange fondu composé de 8 parties de résine, 4 p. de cire vierge, 5 p. d'huile de lin et 3 p. de poix de Bourgogne. On lave ensuite la pâte ainsi obtenue dans de l'eau chauffée à 32° environ, en la malaxant; l'eau sépare une partie de l'outremer de moins en moins brillant; les dernières portions sont d'un gris à peine teinté de bleu; on les désigne sous le nom de cendres d'outremer. 1 k. de lapis-lazuli, valant actuellement environ 120 à 150 fr., donne de 500 à 600 grammes d'outremer et de cendres d'outremer, ce qui porte le prix de cette couleur à un taux très-élevé; il a même coûté jusqu'à 1,500 francs les 500 grammes.

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale, ayant proposé un prix de 6,000 f. pour un procédé propre à donner de l'outremer artificiel ne coûtant pas plus de 200 f. les 500 grammes, M. Guimet l'obtint, et parvint, dès 1827, à livrer au commerce un outremer artificiel d'une teinte bleue magnifique, plus riche que celle du plus bel outremer, mais un peu violacée. Tout récemment, M. Courtial, fabricant à Grenelle, est parvenu à faire de l'outremer tout aussi beau que celui de M. Guimet, avec lequel il s'est associé depuis; mais les procédés que suivent ces deux fabricants ont été tenus secrets et ne sont pas connus.

MM. Gmelin et Robiquet ont fait également des recherches à ce sujet et ont publié leurs procédés; mais en suivant leurs prescriptions, l'outremer que l'on obtient a presque toujours une teinte verdâtre plus ou moins prononcée.

On fabrique actuellement en Allemagne, depuis quelques années, aux environs de Nuremberg, une grande quantité d'outremer artificiel pour les besoins du commerce. Nous allons en indiquer sommairement, d'après M. Pruckner, les procédés de fabrication. On prend de l'argile très-alumineuse, aussi exempte de fer que possible, et grossièrement concassée avec un pilon de bois, que l'on met dans des cuves rectangulaires de 2 mètres de longueur sur 1 mètre de largeur; on l'arrose d'eau et on l'abandonne à elle-même pendant quelques jours. Elle

se délite et se réduit en bouillie, que l'on purifie par lévigation et dépôt, de la même manière que dans les fabriques de porcelaine, pour en séparer le sable et les parties les plus grosses. On la conserve ensuite dans des cuves placées sous un hangar couvert, à l'état d'une pâte molle, dont on détermine rigoureusement par un essai la teneur en argile sèche, chaque fois qu'on veut s'en servir pour la préparation de l'outremer.

D'un autre côté, on prend le sulfate de soude impur, résidu de la fabrication de l'acide hydrochlorique, on le concasse en morceaux de 1 décimètre cube environ, que l'on plonge un instant dans l'eau, parce que l'expérience a prouvé que l'acide libre se dégage beaucoup plus aisément d'un sel humide que d'un sel desséché; puis on les charge sur la sole d'un fourneau à réverbère, que l'on remplit presque jusqu'à la voûte, en disposant les morceaux de telle sorte, que la flamme puisse circuler aisément sur leurs faces. On chauffe graduellement jusqu'au rouge naissant, et jusqu'à ce que tout l'acide libre ait été expulsé. Le sel calciné est aussitôt pulvérisé au bocard à sec ou entre des meules, en grains de la grosseur de ceux de la poudre de mine, et mélangé dans un tonneau tournant sur son axe, avec du charbon et de la chaux éteinte, dans les proportions suivantes :

Sulfate de soude	100 parties.
Charbon de bois pulvérisé	33
Chaux éteinte à l'air . . .	10

Ce mélange est introduit sur la sole d'un fourneau à réverbère et recouvert de 3 à 4 centimètres de chaux éteinte, que l'on tasse dessus avec une pelle de fer. On ferme alors toutes les portes du fourneau, et dès que la masse est en pleine fusion, on la brasse vivement, en y rejetant quelques pelletées de charbon pulvérisé, puis on laisse reposer quelque temps, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de gaz enflammés de la surface du bain. On puise alors le sulfure de sodium avec des poches, et on le verse dans des moules plats en fonte où il se solidifie.

On dissout dans l'eau bouillante le sulfure de sodium mélangé de carbonate de soude ainsi obtenu, puis on laisse clarifier la dissolution à l'abri du contact de l'air, dans des cuves de dépôt, où elle abandonne du carbonate et un peu de sulfate de chaux, souvent un peu de sulfate de soude cristallisé, qui est calciné et retraité comme il vient d'être dit, et du charbon très-divisé qui ne se dépose qu'au bout de quelques jours. Il est très-important de laisser reposer le plus longtemps possible, parce que les moindres particules de charbon suffisent pour altérer le feu de l'outremer. On sature ensuite à chaud cette dissolution décantée avec du soufre réduit en poudre, et on la concentre par l'ébullition jusqu'à ce qu'elle renferme 25 pour 100 de bi-sulfure de sodium sec; elle a alors une densité d'environ 1,30 et marque 25° à l'aréomètre de Baumé. On emploie 40 à 50 parties de soufre par 100 parties de proto-sulfure de sodium fondu. Après avoir laissé la dissolution du sulfure de sodium déposer le léger excès de soufre qu'elle renferme, on la transvase dans de grandes cruches en verre, que l'on bouche avec soin, pour la préserver du contact de l'air, et pouvoir la conserver jusqu'au moment où on doit l'employer.

Les matières premières étant préparées, on procède comme il suit à la fabrication de l'outremer : on évapore jusqu'à consistance sirupeuse, dans une chaudière plate en fonte, 50 kilogr. de la dissolution de sulfure de sodium ci-dessus, puis on y ajoute une quantité d'argile lavée, encore humide, correspondant à 12 kilogr. 1/2 d'argile sèche, et on mélange le tout aussi intimement que possible à l'aide d'une forte spatule en fer. Pendant que la masse se laisse encore brasser aisément, on y ajoute, par petites portions, une dissolution de 150 gr. de sulfate de fer cristallisé, complétement exempt de cuivre, et on mélange le tout avec le plus grand soin; on peut, si l'on veut, ajouter d'abord la dissolution du sulfate de fer; le mélange prend une couleur vert jaunâtre, due à la formation du sulfate de fer; on continue à le brasser jusqu'à complète évaporation à siccité, et, après l'avoir détaché de la chaudière, on le réduit immédiatement à sec en poudre aussi ténue que possible. Cette poudre est chargée dans des moufles de 0m,50 à 0m,60 de largeur sur 0m,30 à 0m,35 de hauteur, et 0m,80 de profondeur, placées dans des fourneaux à réverbère appropriés de manière à former sur la sole une couche de 0m,06, à 0m,08 d'épaisseur, ce qui correspond, pour chaque moufle, à un poids de 15 à 20 kilogr. On active progressivement le feu jusqu'à ce que toute la masse soit arrivée au rouge, et on la laisse dans cet état pendant trois quarts d'heure à une heure, en renouvelant fréquemment les surfaces et en donnant libre accès à l'air. La masse se colore succcessivement en brun de foie, rouge, vert et bleu. Cette opération réclame beaucoup d'attention et d'habitude; une chaleur trop faible ne produit point d'outremer, tandis qu'une chaleur trop forte et trop longtemps prolongée en altère la beauté.

On retire alors la matière de la moufle et on l'épuise en la lavant avec de l'eau. Les eaux de lavage, qui renferment du sulfure de sodium, du sulfate et du sous-sulfate de soude, n'ont reçu jusqu'ici aucun emploi; mais on pourrait s'en servir pour préparer du sulfure de sodium. Les résidus du lavage sont égouttés dans des chausses en toile d'un tissu serré, puis desséchés à l'étuve. Leur couleur est le plus ordinairement d'un vert ou bleu ou noirâtre. La masse desséchée est ensuite finement pulvérisée et passée au tamis de soie, puis calcinée de nouveau, par portions de 5 à 7 kilogrammes, dans des moufles qui ne servent qu'à cette opération, et qui ont de 0m,45 à 0m,50 de largeur sur 0m,80 à 0m,90 de profondeur. On entretient un feu modéré, et une chaleur rouge peu

intense suffit pour produire la couleur désirée. Aussitôt que la couleur bleue commence à paraître, on renouvelle constamment les surfaces avec un ringard en fer, jusqu'au moment où la couleur est devenue d'un beau bleu pur; l'opération dure de une demie à trois quarts d'heure; il n'y a aucun avantage à la prolonger ou à augmenter l'intensité du feu. On retire la poudre et on la laisse refroidir, au contact de l'air, sur des plaques de granite. Il arrive souvent, mais pas toujours, que la couleur acquiert par le refroidissement bien plus de feu et de beauté.

L'outremer est ensuite broyé sous des meules de granit, puis séparé, par lévigation, en diverses sortes qui portent les numéros 0/0, 0, 1, 2, 3, 4, etc.

L'intéressant article que l'on vient de lire a été inséré par M. P. Debette dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures.* Nous ajouterons que, dès 1806, MM. Clément et Désormes avaient soumis à l'analyse chimique la superbe couleur bleue, connue sous le nom d'outremer. Sur 100 parties soumises à l'analyse ils avaient reconnu qu'elles étaient composées de :

Silice	35,8
Alumine	34,8
Soude	23,2
Soufre	3,1
Chaux carbonatée	3,1
	100.

OXYDES. — Nom générique des combinaisons binaires de l'oxygène avec les autres corps simples.

Nous avons déjà eu la bonne fortune de pouvoir citer quelques-uns des articles remarquables que M. le baron Berzélius a consignés dans les pages de l'*Encyclopédie des gens du monde* — *Voy.* FER, GAZ (*Théorie générale*); qu'il nous soit permis, ne pouvant mieux, de suivre la marche et d'exposer les doctrines du maître, avec ses propres expressions.

Les oxydes de tous les métaux dont nous nous occuperons exclusivement dans cet article, dit M. Berzélius, sont tous solides; il n'y en a qu'un très-petit nombre qui jouissent de l'éclat métallique : tels sont les fers oxydulé et oligiste, quelques oxydes de manganèse, etc.; ils perdent cet éclat par la trituration; leur couleur est, en général, différente de celle du métal qui les produit : cette couleur est souvent très-belle et très-éclatante; aussi cette classe de corps fournit des matériaux précieux à la peinture. Leur densité est toujours moindre que celle du métal qui leur sert de base. Ils sont inodores, excepté ceux d'antimoine et d'osmium à l'état de vapeurs. Ils sont tous fixes ou à peu près, à l'exception du protoxyde d'antimoine et des acides molybdique et osmique. Un grand nombre sont fusibles. La chaleur réduit complétement les oxydes d'argent, de mercure, d'or, de platine et des nombreux métaux qui accompagnent ce dernier. Elle ramène à un moindre degré d'oxydation les peroxydes et deutoxydes de chrôme, de manganèse, de plomb, etc.; beaucoup de protoxydes se peroxydent par le grillage. Le carbone, mélangé intimement avec les oxydes, les réduit presque tous; il en réduit même un grand nombre par cémentation; l'hydrogène et le soufre sont dans le même cas. Par voie sèche, le chlore attaque tous les oxydes, lorsqu'ils sont mélangés de charbon; le fer et l'étain réduisent, à l'aide de la chaleur, les oxydes de presque tous les métaux. Les oxydes sont presque tous insolubles dans l'eau; mais ils sont tous susceptibles de se combiner avec elle pour former les hydrates.

Les acides ont une grande tendance à se combiner avec les oxydes, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrates, pour former les sels; cependant il y a certains oxydes, comme les peroxydes de manganèse et de chrôme, qui ne se dissolvent dans les acides qu'en abandonnant une certaine portion de leur oxygène. L'acide nitrique dissout la plupart des oxydes, à l'exception des peroxydes d'étain, d'antimoine, de plomb, de manganèse, etc.; il suroxyde, à l'aide de la chaleur, les protoxydes de fer, de cuivre, de mercure, d'étain, d'antimoine, etc. L'acide sulfurique se combine aisément avec la plupart des oxydes; cependant il paraît généralement moins énergique sous ce rapport que l'acide hydrochlorique, qui les dissout presque tous, en donnant lieu à un dégagement de chlore avec beaucoup de peroxydes, celui de manganèse, par exemple.

Quelques oxydes métalliques, jouant pour la plupart le rôle d'acides, sont susceptibles de se combiner avec la potasse et la soude, soit par voie humide, soit par voie sèche, tels sont les oxydes de zinc et de plomb, les acides chrômique, stannique, antimonique, tungstique, uranique, etc. L'ammoniaque dissout, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrate, les oxydes de zinc, de cuivre, d'argent, les acides chrômique, tungstique, les oxydes de nickel, de colbalt, de fer, etc. Le nitre et le chlorate de potasse suroxydent par voie sèche tous les oxydes susceptibles de produire des peroxydes ou des acides permanents à la chaleur blanche.

Les oxydes qui jouent le rôle des bases les plus fortes sont l'oxyde d'argent, les protoxydes de plomb, de fer, de manganèse, de nickel, de cobalt, de zinc, et les deutoxydes de mercure et de cuivre.

Les hydrates des oxydes blancs sont eux-mêmes blancs; ceux des oxydes colorés sont aussi colorés; mais leurs couleurs sont différentes de celles des oxydes. Ces couleurs sont souvent très-belles et très-brillantes. Les hydrates sont, en général, très-facilement décomposables par la chaleur; quelques-uns, celui de deutoxyde de cuivre par exemple, se décomposent même dans l'eau bouillante. Ils sont tous beaucoup plus facilement attaquables par les acides et par les alcalis que leurs oxydes. Ils ne se for-

ment pas directement : on ne les obtient qu'en précipitant les dissolutions métalliques par les alcalis caustiques en excès. Les oxydes étant en très-grand nombre, on ne peut les obtenir tous par les mêmes procédés. On en trouve un grand nombre, dans le règne minéral, à l'état de pureté parfaite. Quelques-uns n'existent qu'en combinaison, à l'état de sels, et ne peuvent être isolés sans se décomposer, les protoxydes de fer et de mercure, par exemple. On les prépare par l'un ou l'autre des procédés suivants : 1° On expose au contact de l'air un métal en fusion et l'on enlève l'oxyde à mesure qu'il se forme à la surface du bain (*litharge*, etc.); 2° on grille à une chaleur convenable un oxyde susceptible d'absorber encore de l'oxygène (*minium*, etc); 3° on calcine, à une température plus ou moins élevée, ces peroxydes susceptibles de perdre une certaine dose d'oxygène par l'action de la chaleur (*oxyde rouge de manganèse*, etc.); 4° on chauffe le mélange d'un oxyde et du métal correspondant dans des proportions convenables (*protoxydes d'antimoine*, *de cuivre*, etc.); 5° on fait passer un courant de vapeur d'eau sur un métal réduit en limaille et chauffé au blanc dans un tube de porcelaine (*oxyde de fer magnétique*); 6° on fait bouillir un métal avec de l'acide nitrique concentré, on évapore à sec et on calcine au rouge (*peroxyde de fer*, *acide antimonieux*, *acide stannique*, etc.); 7° on traite un oxyde intermédiaire par l'acide nitrique, lorsque cet acide peut le partager en protoxyde soluble et en peroxyde insoluble (*peroxydes de plomb*, *de manganèse*, etc.); 8° on précipite une dissolution métallique, soit par un alcali caustique, soit par un carbonate alcalin, et l'on calcine le précipité, qui est un hydrate ou un carbonate. On prépare par ce moyen un très-grand nombre d'oxydes; 9° on précipite une dissolution métallique par un hypo-chlorite alcalin, on obtient un chlorure soluble et un peroxyde hydraté, que l'on peut souvent amener à l'état anhydre sans le décomposer, en le chauffant avec ménagement (*peroxydes de manganèse*, *cobalt*, etc.); 10° on prépare, le plus souvent, les oxydes métalliques qui jouent le rôle d'acide, en traitant par le nitre, à la chaleur rouge, les oxydes ou les minéraux qui renferment le même radical et en décomposant ensuite le sel de potasse qui se produit par un acide plus fort (*acides chrômique*, etc.).

P

PAIN (COMPRESSION ET CONSERVATION DU).— M. Laignel, déjà connu par d'ingénieux travaux, et M. Malepeyre, un de nos plus habiles technologues, viennent de faire, au moyen de la presse hydraulique quelques expériences dignes d'être connues.

On a déjà employé la presse hydraulique à emballer du coton et d'autres marchandises, à déplacer d'énormes masses, à soulever des poids considérables, à écraser des matériaux de construction très-résistants, etc. Dans la guerre d'Espagne, les Anglais l'employèrent à réduire le volume du foin, ce qui leur permit d'approvisionner l'armée à peu de frais.

M. Laignel vient d'étendre encore l'application de la presse hydraulique. Ce qu'il cherchait, c'était le moyen de réduire du pain frais à un état de compression et de sécheresse qui en assurât indéfiniment la conservation. Il crut, et avec raison, qu'il suffirait pour cela de le soumettre à la presse hydraulique, et que, sorti de là, on n'aurait plus qu'à le conserver à l'abri des insectes, de la poussière et de l'humidité; mais des expériences pouvaient seules prouver la valeur du moyen imaginé ; c'est pourquoi M. Laignel, aidé de M. Malepeyre, a procédé à des essais qui nous semblent prouver que l'application de la presse hydraulique à la compression du pain aura tôt ou tard des résultats avantageux.

MM. Laignel et Malepeyre ont pris chez un boulanger des pains frais ou de la veille, tels qu'on les fabrique à Paris, et ils les ont soumis entre deux planches à l'action de la presse hydraulique. Ces pains, qui ont en moyenne de 8 à 10 centimètres d'épaisseur, se sont trouvés en quelques minutes réduits à une épaisseur de 12 à 15 millimètres, et ont été retirés de la presse sans aucune autre altération. L'examen de cet essai a constaté les faits suivants : 1° le pain éprouve un changement de forme et de dimension sous la presse, et devient plus compacte et plus dense; la croûte reste intacte, la mie seule prend un aspect vitreux; 2° en sortant de la presse, le pain est légèrement humide, mais cette humidité s'évapore avec une grande rapidité, et au bout de quelques heures il en est presque totalement dépouillé ; en quelques jours il acquiert une sécheresse, une dureté et une densité qui le font ressembler à une pierre; 3° dans cet état, le pain n'est plus susceptible d'éprouver d'altération; il résiste à l'humidité, à la fermentation, au moisi, et un pain de cette espèce, qui a été conservé chez M. Laignel pendant plus d'une année sur une planche, et qui a été mis depuis sous les yeux de l'Académie des sciences, s'est trouvé dans un état parfait de conservation, de l'aveu de tous ceux qui ont pu l'observer; 4° le pain soumis à la pression devient si dur après quelque temps, que pour en faire usage il faut le briser au marteau. Dans cet état, si on le fait tremper dans un liquide, surtout à chaud, il reprend dans un temps qui n'est pas fort long presque tout son volume primitif, et absolument la même couleur qu'il avait au moment où il a été placé sous la presse hydraulique; 5° ce pain desséché, puis trempé, n'a perdu ni sa

saveur ni son odeur de pain frais, et n'a contracté aucun mauvais goût. On peut l'employer, à fort peu près, aux mêmes usages que le pain nouvellement cuit, et la différence est réellement insensible.

Nous n'avons pas besoin de chercher à le démontrer; les expériences de MM. Laignel et Malepeyre prouvent que la presse hydraulique peut rendre de grands services pour les approvisionnements de la marine, pour ceux des places de guerre, pour la nourriture des armées, pour le transport des vivres en nature dans les lieux atteints de disette ou de famine, pour les voyageurs qui parcourent certains pays sans ressources, dans les fermes, où l'on pourrait faire de suite pour toute l'année le pain destiné à la soupe, etc.

D'après d'autres expériences, il paraît qu'on peut par le même moyen conserver les pommes de terre et la plupart des légumes.

Comme on voit, les expériences de MM. Laignel et Malepeyre semblent ouvrir de nouvelles voies aux arts économiques, et ne peuvent manquer de fixer l'attention du public. (Voy. *Journal des connaissances utiles*).

PAIN. (Fermentation panaire.) — De tous les végétaux qui concourent à l'alimentation de l'homme, le froment est sans contredit celui qui contient, sous le plus petit volume, le plus d'éléments nutritifs; mais, pour être utilisés, ces éléments ont besoin d'être développés et modifiés, de passer d'abord à l'état de farine, puis à celui de pâte, puis enfin à l'état de pain; pour parvenir à cette dernière forme, la *fermentation* et la cuisson leur sont indispensables. Nous ne nous occuperons en ce moment que de la première de ces opérations, la fermentation. Nous emprunterons l'exposé de ce travail à une note que M. Rolland a adressée à la Société d'encouragement, sous ce titre : *Fermentation panaire pratiquée en Angleterre et en Allemagne, et appliquée tout récemment à la panification française, avec des modifications qui en ont assuré le succès.*

Dans leur panification, dit M. Rolland, les boulangers anglais et allemands emploient la levûre pure, non pas comme levain, car ils n'en connaissent pas l'usage, mais comme ferment agissant spontanément sur la pâte; aussi leur fermentation est toujours mousseuse et leur pâte sans cohésion, et s'ils n'avaient la précaution indispensable, les Anglais surtout, de mettre leur pain fermenter et cuire dans des moules métalliques, le moindre attouchement ou le plus léger choc les ferait affaisser, sans espoir de retour à un développement complet, tant le tissu cellulaire est désorganisé par le ferment.

Cette sorte de panification, abandonnée aux influences d'une fermentation déréglée, n'en produit pas moins un pain dont la structure intérieure est parfaitement convenable aux préparations alimentaires en usage chez les Anglais particulièrement, mais au goût aigrelet duquel nous aurions de la peine à nous habituer, nous à qui cet aliment sert, sans préparations, de principal accompagnement à tout ce qui participe à notre nourriture ordinaire. Cependant elle dérive d'un principe qui, appliqué rigoureusement, suivant les règles générales de la fermentation, est de nature à simplifier et à perfectionner toute espèce de panification. Les Anglais préparent de la manière suivante un liquide fermenté composé de sucre, de pommes de terre cuites, écrasées et passées au tamis, de levûre et d'eau, dans des proportions déterminées.

On fait cuire, à la vapeur d'eau, des pommes de terre très-farineuses; lorsqu'elles sont bien cuites, on les pèle et on les écrase parfaitement, en ajoutant la quantité d'eau nécessaire pour leur donner une consistance pareille à la levure molle de bière; on fait passer ce mélange à travers un tamis; on ajoute, par 500 grammes de pommes de terre, 60 grammes de sucre brut ou de mélasse; on fait chauffer le tout, s'il est nécessaire, et on mêle, par chaque 500 grammes de pommes de terre, deux cuillerées de levûre de bière molle. On conserve le tout dans un état de chaleur modéré, jusqu'au moment où la fermentation a atteint la limite de son premier degré de réaction, environ douze heures après.

500 grammes de pommes de terre traitées de cette manière produisent deux litres de levain, qui peuvent se conserver en cet état pendant trois mois, lorsqu'on en a exprimé toute l'eau et qu'il a été convenablement séché à l'étuve.

En examinant le phénomène de la fermentation et la composition élémentaire des corps de nature à la produire, on est surpris de trouver dans cette panification le sucre et la pomme de terre cuite, réunis pour la formation de la fermentation. L'emploi de ces deux substances ne pourrait se justifier que par un goût blasé, par une prédilection particulière pour la pomme de terre, ou, peut-être, par une ignorance complète de la propriété saccharifère de toutes les substances amylacées. Mais, en France, où la science pénètre jusque dans les industries les plus intimes, et où l'introduction de la pomme de terre dans le pain, sous quelque forme qu'elle se présente, est regardée avec raison comme une falsification répréhensible du premier des aliments, toujours la plus forte dépense du pauvre, et souvent la seule qu'il puisse faire, il est important de démontrer que dans les éléments de la farine même on doit trouver tous les principes de la fermentation, sans avoir recours à des corps étrangers qui n'ont, d'ailleurs, par leur composition chimique, aucune propriété exceptionnelle.

Une seule substance, sous l'influence d'un ferment ou d'une matière organique quelconque en décomposition de l'eau et d'une température convenable, se transforme en alcool et en acide carbonique : cette substance est la glucose, analogue par sa constitution, aux sucres de raisin, de diabète et autres; sa composition élémentaire

peut être représentée par 24 parties de charbon et 12 parties d'eau. Le ferment n'est qu'un agent désorganisateur qui ne cède aucun de ses éléments et qui n'en emprunte aucun. Il faut donc que toutes les matières susceptibles de se saccharifier (le sucre lui-même) soient amenées à leur dernier état de désagrégation, représentées par cette dernière formule pour produire la fermentation. Le sucre de canne, dont la composition élémentaire est représentée par 24 parties de charbon et 11 parties d'eau, en contact avec un ferment et de l'eau, s'hydrate d'une nouvelle partie d'eau et forme la glucose propre à la fermentation.

La composition élémentaire de la fécule est exactement la même que celle de l'amidon (*Voy.* Amidon); elle est représentée par 24 parties de charbon et 10 parties d'eau. Ces deux corps, dépouillés de leurs vésicules par une température élevée jusqu'à 90 degrés, éprouvent un changement moléculaire seulement, d'après lequel le plan de polarisation de la lumière tourne à droite: c'est de cette propriété que lui vient son nom de *dextrine;* mais sa composition est la même que celle de l'amidon. Sous l'influence du ferment, de l'eau et de la chaleur, la dextrine s'hydrate de deux nouvelles parties d'eau et se convertit en glucose. Ainsi le sucre, la fécule et l'amidon, transformés en glucose par l'hydratation, sont également propres à produire séparément la fermentation sous l'influence du ferment, ou levûre de bière, de l'eau et d'une température convenable.

Ces divers corps, jusqu'au moment où commence la fermentation qu'ils doivent produire par leur transformation commune en glucose, ne perdent pas un atome de leur charbon; ils prennent seulement 1 ou 2 parties d'eau qui, en favorisant leur désagrégation, les rendent spécialement propres à leur décomposition ultérieure, sous l'influence des mêmes agents de désorganisation. C'est alors qu'une véritable réaction chimique se produit. De nouveaux corps d'une composition élémentaire différente se forment successivement, les deux tiers du charbon dont est composée la glucose disparaissent sous la forme d'acide carbonique, en soulevant et en mettant en mouvement toutes les matières insolubles que ce gaz rencontre sur son passage; enfin c'est la fermentation proprement dite de laquelle résulte la création de l'alcool dont la composition élémentaire est représentée par 8 parties de charbon, sur lesquelles 4 parties se traitent à l'état de carbure d'hyrogène, et 2 parties d'eau. La glucose a donc perdu 16 parties de charbon, passées à l'état gazeux d'acide carbonique, gaz qui se dégage en soulevant, dans la panification, la membrane organique et insoluble qui enveloppe l'amidon.

Si la réaction continue, le carbure d'hydrogène qui entre dans la composition de l'alcool est décomposé par l'air, auquel il emprunte 2 parties de l'eau de ses éléments pour former avec son hydrogène 2 nouvelles parties d'eau en restituant ses 4 parties de charbon, d'où résulte l'acide acétique dont la composition, dans ce cas, est représentée par 8 parties de charbon et 4 parties d'eau. Cette dernière réaction a lieu sans production d'acide carbonique, attendu que la quantité de charbon est la même dans l'alcool et dans l'acide acétique. C'est pourquoi, dans la panification, lorsque la fermentation est arrivée à ce degré, les cellules que l'acide carbonique provenant de la fermentation alcoolique avait formées en dilatant le gluten et dans lesquelles il s'était logé, sont décomposées par l'acide acétique; il s'en échappe, et la pâte s'affaisse pour ne plus se relever. On conçoit bien alors l'intérêt que doit avoir le boulanger à maintenir la fermentation dans la limite nécessaire à l'usage auquel il la destine. L'observation est le seul moyen d'investigation connu jusqu'à présent; malheureusement encore trop souvent on la néglige.

En résumé, pour établir la fermentation panaire ou alcoolique, la pomme de terre hydratée par la cuisson peut remplacer le sucre; l'amidon hydraté sous forme d'empois peut remplacer la pomme de terre; la farine hydratée sous forme de bouillie peut remplacer à son tour l'amidon. La différence du produit matériel qui résulte de l'emploi de la pomme de terre n'est pas assez sensible pour hésiter à en faire le sacrifice, d'autant plus qu'en France il est exposé à de fâcheuses interprétations, et cependant c'est le seul pratiqué aujourd'hui par les boulangers qui font l'application du procédé de panification anglais; mais, tel que ces derniers l'ont modifié dans sa composition et dans les moyens de le mettre en pratique, il offre déjà des avantages de quelque intérêt, ne fût-ce que l'affranchissement de la surveillance des levains renouvelés trois fois par jour, employés en boulangerie, et un plus grand développement des matières nutritives.

Quoique le procédé employé par quelques boulangers de Paris, par ceux surtout dans le voisinage desquels les étrangers affluent, ne diffère du procédé pratiqué en Angleterre que par la suppression du sucre: il convient néanmoins de décrire les moyens de le mettre en rapport avec notre système de panification. Nous supposons une boulangerie dans laquelle se fabriquent chaque jour cinq fournées de pain. On fait cuire à la vapeur d'eau 16 kilog. de pommes de terre rondes très-farineuses, bien lavées et brossées; on les écrase, sans être pelurées, soit à l'aide d'un pilon, soit entre deux cylindres métalliques tournant en sens inverse, et on y ajoute une certaine quantité d'eau à la température de 20 à 25 degrés, pour en faire une purée très-liquide que l'on passe à travers un tamis métallique ou une bassine en cuivre dont le fond est percé de trous fins en forme d'écumoire. On jette les téguments grossiers qui n'ont pu passer à travers le tamis. On ajoute à cette purée liquide 1 kilog. 500 gram. de bonne levûre

de bière sèche, délayée préalablement dans de l'eau à la même température et passée aussi au tamis; on agite bien ce mélange dans 133 litres d'eau, y compris celle qui a servi à délayer la purée de pommes de terre et de levûre, et toujours à une égale température. On tamise sur ce liquide 15 kilog. de farine, et on remue le tout convenablement; puis on le partage en trois parties égales à peu près, dans trois cuves différentes, afin de pouvoir puiser dans l'une, suivant les besoins, sans troubler le liquide des autres.

Ces cuves doivent être en bois, de forme cylindrique, doubles à peu près de leur diamètre en hauteur; d'une capacité telle, que le liquide n'occupe que le tiers de la hauteur au moment où on l'y dépose, afin de laisser deux tiers libres pour le développement de la fermentation. — Celle-ci se manifeste assez lentement d'abord, tant qu'elle ne se produit que par le sucre que contiennent à leur état normal la pomme de terre et la farine en contact avec le ferment en excès; le liquide en ce moment a une saveur amère. Aussitôt que la diastase, dont la levûre renferme les principes en dissolution, attaque la fécule et l'amidon, on sépare les parties insolubles qui s'agglomèrent tumultueusement à la surface du liquide sous forme de mousse, et on met en liberté la gomme qui se transforme d'abord en dextrine, puis ensuite en glucose. L'effervescence augmente progressivement et ne s'arrête qu'après l'entière conversion des matières amylacées; la liqueur contracte alors une saveur sucrée.

Cette réaction s'opère ordinairement dans l'espace de trois à quatre heures, quand les conditions de température et les proportions de matières ont été bien observées.

Il est convenable d'écraser les pommes de terre aussitôt qu'elles sont cuites, et d'en employer immédiatement la purée, pour ne pas lui donner le temps de se colorer au contact de l'air et de contracter un goût acide, et de profiter en même temps de la température qu'il faudrait renouveler.

Il importe beaucoup aussi de pratiquer cette opération dans un endroit chaud comme le sont ordinairement les fournils de boulangers, et de ne pas déplacer les cuves lorsque la fermentation est en activité.

Pétrissage. — On prépare un levain à chaque fournée, en pâte très-douce et très-peu travaillée, composé de 73 litres du ferment ci-dessus et de 3 litres d'eau à une température réglée selon la saison et selon l'état de fermentation du ferment; puis on le met *en planche*, c'est-à-dire qu'on le circonscrit à l'une des extrémités du pétrin, arrêté par une planche taillée exprès pour cet usage et calée avec de la farine tassée. On le couvre d'une couche de farine de 5 centimètres d'épaisseur; celle-ci pénètre peu à peu dans le levain par le mouvement de la fermentation. Lorsqu'elle est complétement absorbée, on peut considérer le levain comme prêt à être employé. Cette dernière circonstance est non moins concluante, si elle ne l'est davantage, que les signes apparents d'après lesquels on reconnaît arbitrairement l'apprêt du levain naturel.

La fournée se pétrit par les moyens ordinaires, en ajoutant au levain 6 litres d'eau seulement, toujours à une température réglée, dans laquelle on fait fondre, trente minutes au moins à l'avance, la quantité de sel convenable. Ce ferment peut être ainsi préparé le matin à huit heures et employé le soir à la même heure sans inconvénient; mais, si on voulait s'en servir quatre ou cinq heures après sa préparation, il faudrait augmenter de quelques kilogrammes la proportion de pommes de terre et de quelques degrés la température de l'eau.

Les fournées n'étant pas égales dans toutes les boulangeries, il convient d'établir une proportion uniforme. Pour convertir 100 litres d'eau en liquide fermenté, on ajoute :

12 kilog. de pommes de terre,
1 kilog. 145 gr. de levûre sèche,
12 kilog. de farine.

Quel que soit la quantité du liquide fermenté employée pour chaque levain, il faut toujours y ajouter, au moment de pétrir, le onzième de son volume d'eau, et, pour pétrir la fournée, le double de ce volume.

Suppression de la pomme de terre. — Dans les années calamiteuses, l'application de cette combinaison fermentative a une grande grande importance et ne saurait être trop encouragée et autorisée, car elle offre le seul moyen de tirer parti, sans altérer profondément la nature du pain, de toutes les substances amylacées que contiennent non-seulement la pomme de terre, mais encore tous les légumes farineux, sans comprendre les blés et farines avariées. Mais, dans les années d'abondance, elle excite la cupidité des spéculateurs, qui, sous le prétexte de soulager la classe nécessiteuse, sollicitent et obtiennent souvent de l'autorité la permission de créer de nouvelles boulangeries dans lesquelles ils mettent à contribution les farines avariées, la pomme de terre, la féverole, le maïs, les pois, les haricots, les farines de seigle et d'orge, etc., traités par les moyens indiqués plus haut.

La préférence accordée jusqu'à ce jour, sans nécessité impérieuse, à la pomme de terre sur la farine de froment, dont les éléments sont également et même plus propres à produire la fermentation sous l'influence des mêmes agents, témoigne plutôt de l'ignorance des boulangers au sujet de la propriété saccharifère de toutes les fécules et amidons, que de l'intérêt de produits fabuleux qu'on pourrait leur supposer; il importe donc de les éclairer sur cette question de leur fabrication, afin de les préserver d'être confondus avec ces prétendus inventeurs de procédés nouveaux qui cherchent la fortune sous le voile de l'humanité.

La nature même des éléments dont est composée la farine, et qui la rendent plus

propre à faire du pain que toute autre substance, la fait concourir aussi plus efficacement à engendrer la fermentation. En effet, l'amidon, sous l'influence de la chaleur, du ferment et de l'eau, se transforme en glucose aussi bien que la fécule, et de plus le gluten régénère le ferment bien mieux que ne le fait le cellulose des légumineux ; d'où résulte une réduction notable dans la proportion de levûre employée avec la pomme de terre.

Le raisonnement m'a amené à la conclusion de ce fait, et l'expérience l'a prouvé, que toute purification pouvait se pratiquer sans le secours d'aucune substance étrangère à la farine de froment, excepté la levûre, dont encore on pourrait se passer en y substituant de la pâte très-fermentée ; mais, dans ce dernier cas, la fermentation est beaucoup plus lente, et ne serait applicable que dans les boulangeries des communes et des établissements agricoles, où elle apporterait un perfectionnement de la plus haute importance par le développement plus complet de toutes les parties nutritives des céréales.

Diverses expériences faites à la boulangerie générale des hospices civils de Paris sur plusieurs fournées ont pleinement confirmé les conséquences des observations prédédentes, dont la mise en pratique offrirait les avantages suivants : 1° la substitution de la farine de froment à la pomme de terre et à toute autre substance étrangère à la farine pour produire la fermentation ; 2° la réduction de 833 grammes de levûre sur 1 kil. 145 gr. employés avec la pomme de terre pour 100 litres d'eau ; 3° l'affranchissement de l'entretien des levains, renouvelés trois fois par jour dans toutes les boulangeries ; 4° le développement plus complet des matières nutritives de la farine, etc.

Les moyens de préparer cette fermentation sont beaucoup plus simples, plus prompts et plus faciles à exécuter qu'avec la pomme de terre. Sur 100 litres d'eau destinés à produire une ou plusieurs fournées de pain, 80 litres doivent être convertis en ferment de la manière suivante :

On fait bouillir 22 litres de cette eau dans un vase pouvant contenir à peu près 55 litres. On prépare en même temps un mélange bien homogène composé de 11 kil. de farine et de 22 litres d'eau à la température ordinaire ; on verse ce mélange lentement sur l'eau bouillante, et on remue le tout jusqu'à ce que la consistance de la bouillie se soit produite ; puis on le répand et on l'agite dans le reste de l'eau froide, moins un litre, qui, à la température de 25 degrés à peu près, a servi à délayer 250 grammes seulement de levûre de bière sèche. Aussitôt que la température de ce liquide s'est abaissée jusqu'à près de 25 degrés, on tamise dessus 11 kil. de farine, et on y ajoute la levûre délayée. On laisse reposer le tout après l'avoir bien mélangé.

La fermentation ne se manifeste d'une manière apparente qu'après une heure environ ; puis l'effervescence qui se produit met en mouvement toutes les substances insolubles et les réunit à la surface du liquide sous forme de mousse. Lorsque le liquide, d'amer qu'il était, est devenu sucré, environ quatre ou cinq heures après, il est bon à être employé. Quant aux 20 litres d'eau qui restent, 6 sont ajoutés au liquide fermenté ; mais lorsque celui-ci est répandu dans le pétrin pour préparer le levain, et jamais auparavant, le pétrissage de ce dernier se réduit au frotage seulement. Les 14 autres litres d'eau servent à pétrir la fournée lorsque le levain a absorbé la couche de farine qui le recouvrait.

Il est bien entendu qu'un boulanger peut préparer d'une seule fois tout le liquide fermenté nécessaire à son service de vingt-quatre heures, en y puisant pour chaque fournée la proportion destinée à son levain. La levûre n'est indispensable que dans les boulangeries où l'on cuit au même four sept fournées par douze heures au moins ; mais dans les boulangeries des campagnes, les établissements agricoles, les manufactures, les pensions, les manutentions militaires de province, etc., où la levûre ne se trouve pas avec la même facilité que dans les grandes villes, on peut la remplacer par vingt fois son poids de pâte abandonnée à la fermentation depuis au moins vingt-quatre heures. Le chef-levain, que les cultivateurs conservent pendant huit jours et plus, est parfaitement propre à ce système de fermentation ; mais, comme nous l'avons déjà dit, celle-ci est moins rapide qu'avec la levûre. Cependant, s'ils mettaient ce procédé en pratique, nul doute que leur pain n'eût un aspect et des propriétés alimentaires plus favorables.

PANORAMA (de πᾶν, tout, et ὅραμα, vue). — Grand tableau circulaire et continu, disposé de manière que le spectateur, qui est au centre, voit les objets représentés, comme si, placé sur une hauteur, il découvrait tout l'horizon dont il serait environné. Pour exécuter un panorama, l'artiste doit se placer sur une tour ou sur une montagne d'où il découvre tous les objets distinctement aussi loin que la vue peut s'étendre ; la peinture achevée, on la suspend aux murs d'un bâtiment construit en forme de rotonde, de telle sorte que le spectateur, placé au milieu, se trouve comme transporté à l'endroit qu'avait occupé l'artiste. La lumière tombe d'en haut sans être aperçue du spectateur. Cette invention est due à un Allemand, le professeur Breysig, de Dantzig ; Rob. Barker l'introduisit en Angleterre en 1793 ; Robert Hulton fit connaître les panoramas en France vers 1804.

On appelle *diaphanorama* le tableau d'une ville ou d'un pays représenté en perspective et convenablement éclairé, de manière à en offrir la vue réelle. Quand un tableau semblable représente seulement un objet déterminé, soit l'intérieur d'un édifice, soit l'extérieur, etc., on l'appelle DIORAMA (*Voy.* ce mot). Ces sortes de tableaux, qui peuvent recevoir des variations de lumière, sont de

l'invention de MM. Bouton et Daguerre. M. Grapuis a beaucoup perfectionné les dioramas sous le rapport artistique, et il est parvenu à produire le plus haut degré possible d'illusion.

On a encore des *stéréoramas* (de στερέος, ferme, fixe), cartes topographiques en relief, faites de pâte de papier; des *myrioramas* (de μυρίοι, dix mille, milliers), sortes de petites vues que l'on forme à volonté à l'aide de figures mobiles en carton peint, et représentant des arbres, des maisons, des fabriques, des animaux, etc.; et des *néoramas*. Delanglard a donné le nom de *géorama* à un globe creux de son invention, ayant 40 pieds de diamètre, qui représente sous une forme sphérique la carte de la terre.

Le *cosmorama* est une salle où sont rassemblées, en une longue suite de tableaux, des vues ou scènes remarquables auxquelles des verres grossissants donnent la grandeur naturelle. Le *pléorama* (de πλέω, je navigue), inventé par Langhaus de Breslau, en 1831, est une espèce d'imitation de la nature en mouvement; les points de vue d'un paysage changent à chaque instant, et se montrent fuyant à peu près comme lorsqu'on s'éloigne dans une barque. (*Extrait de l'Encyclopédie des gens du monde*, t. XIX.)

PANTOGRAPHE. — Instrument à l'aide duquel on peut copier exactement le trait de toutes sortes de dessins, en les rendant à volonté à la proportion désirée. Cet instrument peut s'employer également pour copier un tableau et même la nature, plusieurs artistes l'ayant rendu propre à s'appliquer aux trois dimensions.

M. Charpentier a déposé en 1812, au Conservatoire des arts et métiers, un pantographe qui sert spécialement à copier le trait de toutes sortes de dessins, et à les rendre à volonté en grand ou en petit. Il se fait remarquer par la composition des charnières qui unissent ses différentes branches, et dont on peut régler le jeu afin d'obtenir des résultats exacts. Ce pantographe est accompagné d'un compas à verges muni de trois coulants armés de pointes, qui sert à le disposer pour réduire ou augmenter un dessin d'une grandeur déterminée. (*Moniteur* 1812 page 997.) M. *Baradelle fils* a également déposé au Conservatoire un pantographe dont les branches sont construites en cuivre et formées de manière qu'elles ne soient point sujettes à fléchir, quoique très-légères. (*Moniteur* 1812, page 998.) — M. *Lafond*, 1816. — Au moyen du pantographe de l'auteur, la personne la moins versée dans le dessin peut copier et même graver toute figure à deux et même à trois dimensions (car l'instrument s'applique aux solides) d'après toute projection demandée. La théorie de l'instrument se réduit à ce principe, savoir: qu'une droite mobile autour d'un point d'appui fixe, pris quelque part dans sa longueur, décrit par ses extrémités, lorsqu'elle est mise en mouvement autour de cet appui, des figures qui sont semblables et même égales, si le point fixe est choisi au milieu de la droite; leur grandeur suit la raison directe du carré de la distance du plan sur lequel elles sont tracées au point d'appui. L'instrument ressemble à une lunette d'approche, dont les tubes s'enchâssent, comme à l'ordinaire, les uns dans les autres. A une extrémité est une pointe que la main promène sur les contours du modèle ou plan ou relief; à l'autre côté du tube est un crayon poussé par un ressort à boudin, qui trace sur un plan parallèle à celui du modèle, l'image exacte, mais renversée de ce même modèle. On obtient les réductions à volonté par la position du point d'appui, qui est variable. L'instrument est applicable au dessin d'après la bosse. Il a été présenté à l'Académie des sciences, qui en a fait le plus grand éloge. L'auteur compare son procédé avec tous les moyens connus d'obtenir les mêmes résultats, et il lui trouve de la supériorité sur tous, en y comprenant même la chambre claire de Wollaston. (*Archives des découvertes et inventions*, tom. IX, pag. 275.)

Le pantographe était connu dès l'an 1631; on en lit la description dans un ouvrage imprimé à Rome à cette époque, sous ce titre: *Pantographia, seu ars delineandi res quaslibet*, etc. Outre les artistes dont nous avons cité plus haut les productions, MM. Canivet, Langlois, Gavard principalement, ont apporté au pantographe de nombreux perfectionnements. Les belles collections du musée de Versailles ont depuis longtemps conquis à M. Gavard une célébrité et une supériorité marquées. (*Voy.* DIAGRAPHE, — RÈGLES PANTOGRAPHES.)

PAPIER (du latin *papyrus*). — Ce produit industriel est trop répandu pour qu'il soit besoin d'en donner une définition. Un grand nombre de substances végétales entre dans la fabrication du papier. Le *lin*, le *chanvre*, le *coton*, la *soie*, les *pailles* même, le *mûrier*, le *bambou*, les *roseaux*, les *orties*, peuvent entrer sous diverses formes, et après avoir été soumis à des traitements spéciaux, dans la composition de sa pâte.

La découverte du papier se perd dans la nuit des temps: Pline fait remonter à Homère l'usage du *papyrus*. L'Europe tient le papier des Sarrasins d'Espagne, qui eux-mêmes paraissent l'avoir reçu des Chinois. La première papeterie de chiffons date en France de l'année 1312; en 1360 il en existait une à Padoue, en Italie; celle de Dartford, en Angleterre, date de 1388; et la papeterie de Nuremberg, en Allemagne, ne remonte pas au delà de 1390.

Nous ne nous étendrons pas plus au long sur les origines de cette utile découverte; nous avons hâte d'arriver à l'art moderne, qui, surtout en France, a pris un immense essor. Nous ne saurions prendre un plus sûr guide, dans ce que nous avons à dire, qu'un de nos directeurs de papeterie les plus distingués, M. Henriot (1). — Voici d'abord l'historique qu'il fait de cette industrie.

(1) Voy. *Dict. des Arts et Manufactures*, t. II.

Historique. — Le mot papier dérive, comme nous l'avons dit, de *papyrus*, plante d'Égypte, dont on prenait le *liber*, ou écorce intérieure, pour former des feuilles propres à recevoir l'écriture. Le papier fut en usage de temps immémorial dans quelques parties de l'Asie; la pratique religieuse usitée en Chine, de brûler des feuilles dorées ou ordinaires est antérieure à l'ère chrétienne. Vers ces temps reculés, les Japonnais en fabriquaient avec l'écorce du mûrier, le chanvre, le bambou, la paille de riz et le coton. C'est au commencement du VIIIe siècle, que les Arabes, ayant appris des Tartares les procédés de la fabrication du papier de coton, l'apportèrent sur les côtes de Barbarie, puis en Espagne; bientôt l'usage s'en répandit en Europe, et fit tomber celui du *papyrus*. Suivant une autre opinion, l'emploi du coton serait originaire de la Grèce, et connu seulement depuis le XIe siècle.

On est porté à croire que c'est en Espagne, au XIIe siècle, qu'a pris naissance la fabrication du papier de vieux linges, d'où elle passa en France vers la fin du XIIIe siècle; dans le courant du XIVe plusieurs fabriques de ce genre s'établirent en Allemagne et en Italie.

Le premier moulin à papier anglais fut construit à Dartford, vers 1588, par un joaillier allemand au service d'Elisabth; cet établissement n'ayant pas prospéré, l'Angleterre tira encore pendant soixante-dix ans environ ses papiers à écrire de France et de Hollande. En 1658, on portait à une valeur de plus de deux millions de livres tournois les papiers de toute espèce fabriqués en France, exportés en Hollande et en Angleterre

Jusqu'en 1799, le mode de fabrication des papiers n'était arrivé que très-lentement à de légers perfectionnements, lorsque Louis Robert, employé dans une papeterie à Essonne, conçut un système mécanique qui devait être appelé à ouvrir une ère nouvelle à cette industrie longtemps stationnaire. Nous ne pouvons passer sous silence les principaux faits qui se lient à l'enfance de cette création entièrement neuve; ils serviront à constater les difficultés et les retards qu'elle rencontra dans son développement et combien fut tardif son emploi général en France.

La machine de Robert avait pour objet de produire des feuilles de papier d'une certaine largeur et d'une longueur indéfinie, par un mouvement continu. L'inventeur obtint un brevet de quinze ans, et reçut de la part du gouvernement français une somme de 8,000 francs à titre d'encouragement; peu après, il céda à Léger Didot, alors directeur de la papeterie d'Essonne, son brevet et sa machine; ce dernier se rendit immédiatement en Angleterre, où il contracta plusieurs engagements pour la faire construire et fonctionner. MM. Didot et John Gamble, associés, prirent en Angleterre un brevet, en avril 1801, qu'ils concédèrent à MM. Henry et Sealy Fourdrinier, en janvier 1804, en se faisant une réserve que M. Gamble abandonna en 1808, après avoir épuisé ses ressources; néanmoins, par trois années d'un travail opiniâtre, une machine avait été montée sous sa direction à Saint-Neot, en 1803; elle était due à l'exécution intelligente et heureuse de M. Bryan-Donkin. Ce mécanicien, secondé par MM. Fourdrinier, parvint à aplanir les plus grandes difficultés d'exécution mécanique, à rendre pratique la pensée de l'inventeur.

La première machine construite en France le fut en 1815 par M. Galla, mécanicien à Paris. MM. Berte et Grevenich, auxquels il fut délivré, en 1811, un brevet d'importation de quinze ans, furent les premiers qui firent fonctionner en France la machine à papier; elle fut pendant plusieurs années la seule en activité. Les premières machines étaient dépourvues de cylindres sécheurs; le papier arrivait tout mouillé sur le dévidoir, de là il était porté aux étendoirs pour y être séché comme les papiers à la main.

MM. Canson et Montgolfier, des premiers, ouvrirent largement la route dans laquelle on hésitait encore à s'engager, pressentant les conséquences du nouvel ordre de travail : le *lessivage*, le *blanchiment au chlore*, l'*encollage à la cuve*, et beaucoup d'autres améliorations de ce genre.

Le jury de l'exposition de 1827 constata l'existence en France de quatre papeteries seulement, travaillant par procédés mécaniques. En 1834 il y en avait douze; aujourd'hui le nombre des machines s'est élevé à plus de deux cent trente. Lorsque la machine de MM. Berte et Grevenich fut réimportée en France, à l'époque où l'Angleterre avait le privilége exclusif de fournir aux besoins de la papeterie, elle était loin de remplir les conditions désirables; elle devint un objet d'études pour nos meilleurs constructeurs. C'est particulièrement à M. Chapelle que nous devons, non-seulement d'être affranchis du tribut que nous payions à l'Angleterre pour cet objet, mais encore d'exporter à l'étranger des machines dont la supériorité est telle qu'elles sont, dans la plupart des cas, préférées et substituées à celles de construction anglaise.

De toutes les tentatives qui ont eu pour but de fabriquer le papier à l'aide d'une machine, en suivant d'autres voies que celle tracée par L. Robert, nous devons remarquer celle dont la première idée est due à Ferdinand Leistenschneider, et pour laquelle il prit, en 1813, un brevet; elle fut successivement perfectionnée par MM. Zuber et Rieder. Cette machine a conservé le nom de son inventeur; on la désigne aussi sous le nom de *machine ronde*, parce que sa forme est cylindrique au lieu d'être une table rectangulaire plane. (*Voy.* pour sa description le *Bulletin de la Société d'encouragement*, juillet 1847.)

En septembre 1838, M. Et. Brocard prit un brevet de cinq ans pour une machine composée de plusieurs formes circulaires placées les unes à la suite des autres; chaque

forme faisant sa feuille, elles se superposent et se réunissent en une seule en passant sous les pressions successives de la machine plate. Ce dispositif a pour objet de produire des papiers d'une grande épaisseur et d'une grande force, d'obtenir à volonté les deux surfaces de couleurs différentes entre elles, et différentes même de la partie intérieure, si l'on suppose trois formes, au moins, en travail. Un résultat analogue, quant aux papiers doublés, a été obtenu entre deux machines à table plane par M. de Burges pour l'exécution de son papier de sûreté. On pourrait encore citer pour une fabrication spéciale l'association de la forme plane à la forme ronde, qui a été adoptée par MM. Dufay frères ; un brevet de cinq ans a été pris pour cet objet en 1844.

Il nous reste, avant de terminer, à donner un aperçu général des machines qui ont été créées en vue de diminuer la main-d'œuvre, ou de remédier aux imperfections de son service. Dans le nombre de ces machines additionnelles, bien que considérable, on en découvre à peine quelques-unes réalisant les bénéfices qu'elles promettent ; mettant d'abord de côté toutes celles dont la conception est fausse, beaucoup d'entre celles qui sont dans le vrai théorique ont le défaut de n'être point manufacturières. Il en est qui rendent, cependant, de véritables services, encore qu'il faille se mettre en garde contre les erreurs d'appropriation ; c'est un des écueils contre lesquels l'imitation échoue fréquemment, et qui conduit naturellement à la divergence des opinions au sujet d'une même chose.

Les premières années de ce siècle ont vu faire un grand pas à la fabrication des papiers. Bien que né en France, le mode nouveau y demeura presque oublié ou mal compris ; ce ne fut que lors de la paix générale, que nous songeâmes à reprendre des Anglais l'idée qu'ils commençaient à rendre féconde. Cependant il restait beaucoup à faire pour s'assurer une fabrication régulière ; les organes mécaniques laissaient encore à désirer dans l'exécution, le choix et la distribution de leurs pièces. Ils durent être étudiés, et donnèrent lieu à un grand nombre de tâtonnements. Longtemps il en fut de même des manipulations des matières premières ; l'apparition du *blanchiment au chlore* ajouta au trouble. Mais enfin, laissant de côté les procédés hasardés et les superfétations, on a été conduit à adopter une méthode générale, qui se complète et se simplifie chaque jour. C'est donc de ce point de vue que nous devons examiner la série d'opérations qui constituent la fabrication actuelle du papier de machine ou papier sans fin. Nous consacrerons ensuite quelques mots à la fabrication dite à la main ou à la forme, et nous terminerons en indiquant quelques-uns des procédés ou machines que l'on considère, jusqu'à présent, plutôt comme annexes et non indispensables, que comme faisant partie obligée d'une fabrication complète.

Une raison d'économie a fait adopter dans la majeure partie des papeteries le travail mécanique continu ; celui des préparations est, pour la plupart, suspendu pendant la nuit.

Quels que soient les traitements, la matière première brute est transformée en pâte et celle-ci en papier ; et, sous chacune de ces trois formes, cette matière recevra, de la part d'agents chimiques et mécaniques spéciaux, des propriétés particulières, qui donneront à chaque produit un caractère bien distinct.

Depuis longtemps, un grand nombre d'essais ont été faits pour substituer aux vieux linges des matières ligneuses d'un prix d'achat moins élevé et dont la source fût plus abondante ; jusqu'à présent, les tentatives dirigées vers ce but n'ont pu encore l'atteindre complétement ; les manipulations sont restées dispendieuses, et l'infériorité des produits a dû en faire restreindre l'emploi. Tout porte à espérer, néanmoins, le succès prochain de ces efforts, et sans exclure totalement l'emploi des chiffons, cette nouvelle ressource procurerait l'avantage d'en faire diminuer le haut prix, et de nous garantir, de ce côté, contre l'approche d'une disette imminente.

La matière ouvrable qui remplit le mieux les conditions de bonté et de beauté qu'exige le papier, est celle qui peut se diviser en filaments d'une ténuité extrême, d'une grande longueur, eu égard à leur section transversale très-petite ; lesquels, proportionnellement à cette section, résistent le mieux aux efforts de traction, et sont doués d'une flexibilité parfaite. Ainsi, on conçoit que pour une épaisseur donnée, aussi faible que l'est celle du papier, plus les filaments seront fins et contournés, plus il y aura de points de contact, soit d'attache ou de frottement : l'étoffe n'en sera que plus serrée et la surface plus unie.

D'après ce que nous avons dit plus haut, nous devons reconnaître qu'il existe en abondance des matières filamenteuses renfermant dans leurs tissus organiques les éléments propres à la fabrication du papier, mais tellement associés entre eux, que l'obstacle à leur emploi gît uniquement dans la difficulté de les isoler sans attaquer leur organisation. Or, on se rendra facilement compte de la préférence que l'on continue d'accorder à la matière ligneuse des vieux linges, si l'on considère par combien de traitements elle a dû passer, à partir de son extraction du végétal, et que la papeterie, trouvant ainsi un véritable produit, s'évite le travail des préparations antérieures.

Du chiffon. — Les chiffons bruts arrivent en fabrique grossièrement triés ; ce premier classement fait par le marchand ne peut consacrer un caractère de régularité, et à plus forte raison doit-il en être de même des provenances de localités différentes. On reconnaît ceux d'une bonne nature aux caractères généraux suivants : ils sont en grandes pièces, peu usés, propres, parfaitement secs, et cependant, pesants et souples sans

mollesse; consistent principalement en toiles de lin et de chanvre, peu ou point de coton, ni laine, ni soie. Quant aux chiffons de grosses toiles grossières non blanchies, aux cordes, aux cotons colorés, etc., on recherche dans les uns, les moins chargés de chenevottes; dans les autres, des teintes claires et fraîches. A cet égard, comme dans toutes les acquisitions de matières premières qui ne peuvent pas être triés, toutes les données de ce genre sont insuffisantes sans l'expérience pratique.

La classification à adopter en fabrique est subordonnée à la qualité des chiffons employés, aux ressources locales et aux sortes de papiers à fabriquer; d'après leur nature, la division se ferait, par lin, chanvre, coton, laine, soie, etc.; puis, d'après leur état, en plus ou moins neufs ou usés, en blancs ou colorés, combinaisons dont le nombre est arbitraire, comme on le voit, mais produisant une certaine série d'espèces bien distinctes.

Pour arriver à ce résultat, il faut préalablement avoir recours au délissage ou dérompage, opération qui consiste à découdre et couper les chiffons pour séparer ceux qui n'ont point d'analogie entre eux; il est à propos de mettre de côté les ourlets et coutures comme parties moins usées et plus boutonneuses, surtout de détacher les boutons, agrafes, etc., et de faire tomber la poussière qui séjourne dans les plis et les coutures.

Tout en s'occupant du triage, on régularise, autant que possible, la dimension des chiffons en recoupant ceux qui excèdent une certaine grandeur; dans quelques fabriques ce travail est réservé à une machine. Ils doivent avoir environ 5 centimètres sur 10; trop grands, ils engorgent les cylindres broyeurs et retardent le travail; trop petits, ils se nettoient moins bien et font plus de déchet. Le coupage manuel et le choix s'opèrent à l'aide de l'installation suivante : Sur une longueur proportionnée à la localité, sont disposés en ligne des bancs ou établis, dont la tablette est en partie à claire-voie, divisée par de fortes traverses, et garnie d'une grille en fils métalliques ou en osier, distancés d'un centimètre. Si l'on doit travailler debout, la hauteur de ces établis est de 65 centimètres. Une lame de faux est passée dans une mortaise faite à une traverse et maintenue solidement par un coin de bois; le dos de la lame est tourné et incliné vers l'ouvrière. Celle-ci prenant un chiffon entre le pouce et l'index tournés en dedans, le saisit ainsi des deux mains, et l'appuyant sur le tranchant de la faux, elle lui donne un mouvement répété de bas en haut, et parvient de la sorte et en variant convenablement, à découdre les pièces, détacher les boutons, agrafes, etc. Les corps étrangers en poussière qui se détachent tombent à travers le grillage sous l'établi, et ne peuvent plus se répandre de nouveau dans le chiffon mis en main. La choisisseuse ou délisseuse jette au fur et à mesure, dans l'une des caisses placées devant elle, le chiffon qu'elle vient de couper, selon la qualité à laquelle il appartient.

Ce premier traitement, bien simple en lui-même et purement préparatoire, est celui qui exige le concours du plus grand nombre d'ouvrières. Leur travail demande non-seulement de l'adresse, mais, de plus, l'intelligence du toucher et du coup d'œil. Aussi une surveillance des plus soutenues est-elle indispensable pour obtenir de chacune d'elles un triage conforme aux types d'espèces adoptés, et partant, un résultat total toujours parfaitement constant et correct. Si, sur un système de classification bien entendu, on réalise ces bonnes conditions, on aura fait le plus grand pas vers la partie économique comme vers la perfection des produits. Par contre, les chiffons choisis et coupés avec négligence laissent des traces ineffaçables dans toutes les opérations ultérieures; ils sont ordureux, se lavent mal, se triturent irrégulièrement, moins promptement et avec plus de déchet, détériorent plus rapidement les cylindres et leurs platines; augmentent, en un mot, les frais en amoindrissant la valeur des produits.

En effet, si dans une masse de chiffons usés il s'en glisse de neufs, ceux-ci, résistant beaucoup plus aux actions mécaniques, produisent des paquets de filaments longs et clair semés qui détruisent l'homogénéité de la pâte; au contraire, si la quantité de chiffons durs domine sur celle des tendres, ces derniers seront sacrifiés, c'est-à-dire tellement triturés, qu'ils s'échapperont en grande partie avec les eaux de lavage, et que le restant aura perdu sensiblement quelque chose des propriétés coercitives qu'ils doivent fournir au papier.

De même, on conçoit comment beaucoup de chiffons propres peuvent être gâtés par un peu de chiffon sale, et comment beaucoup de celui-ci n'est pas sensiblement amélioré par une partie minime de propres. Le même raisonnement est applicable aux coutures, puisqu'elles diffèrent du plat en dureté et en propreté. Enfin, il est de toute évidence que le dommage causé aux machines sera d'autant plus considérable qu'il restera plus de substances dures dans les matières livrées à leur travail, telles que sable, fer, acier, cuivre, etc.

Pour fixer les idées à l'égard d'une classification, prenons toutes les sortes que peut fournir le commerce intérieur, et divisons, d'après ce qui précède, comme suit :

Chiffons de fil (Chanvre et lin).

N°s 1 blancs, fins, propres et usés.
2 » » » 1/2 usés.
3 » » » non usés.
4 » » sales.
5 » » coutures et ourlets.
6 » gros, propres et usés.
7 » » » non usés.
8 » » » traces de chenevotte.
9 » » sales.
10 » » coutures et ourlets.
11 bleus, fins.
12 bleus, gros.
13 écrus, non chenevotteux propres et mous.

14 » » durs.
15 » » neufs.
16 » » gris de vétusté, brûlés.
17 » » coutures et ourlets.
18 » légèrement chènev. (toiles d'emb.)
19 » très chènevotteux.
20 » cordes blanches et ficelles.
21 » cordes goudronnées.

Chiffons de coton.

22 calicot blanc, propre.
23 » » sale.
24 » » ourlets.
25 mousselines et broderies.
26 cotonnes écrues ou bises.
27 » colorés, pâles.
28 » » foncés.
29 » » roses.
30 » » bleues.

Chiffons de laine.

La soie et certaines laines seront expulsées, ainsi que beaucoup d'autres matières qu'il est inutile de signaler, comme impropres à la fabrication; d'un autre côté, on trouvera à employer des substances filamenteuses non indiquées ici, telles que : déchets des filatures de chanvre, de lin et de coton, rognures de peaux non tannées, etc., et enfin, dans la plupart de ces cas, on aura quelque raison d'étendre à un plus grand nombre une partie quelconque de ces divisions, surtout si on se livre à une fabrication spéciale. Remarquons, en passant, que les toiles de lin sont plus tendres que celles de chanvre, à apparence égale; qu'elles sont plus douces, moins solides, et font plus de déchet, et que les toiles blanches d'étoupes sont généralement boutonneuses.

Les chiffons qui sortent du triage pour être mis en fabrication sont soumis à un contrôle que l'on nomme grillage, parce qu'il s'opère sur un cadre rempli par une grille en fils métalliques ou en osier, semblable à celles des bancs des délisseuses; sa dimension en longueur dépend du nombre des ouvrières qui doivent en faire le service; sa largeur est de 1 mètre 20 millimètres environ; elle est maintenue à hauteur convenable par des tréteaux, ou mieux au-dessus d'une caisse. Les ouvrières grilleuses, munies de ciseaux, sont placées de chaque côté, dans le sens de sa longueur, et se faisant face. Le chiffon, pris à une extrémité de la grille, passe de mains en mains, et doit arriver à l'autre bout débarrassé de tout morceau étranger à la qualité que l'on retrie, de boutons et agrafes oubliés, et d'une certaine quantité de poussière graveleuse à laquelle la grille livre passage. Quant à l'extraction de la poussière, ou nettoyage à sec, la précédente opération est bien loin d'être suffisante; on a donc recours à un grillage mécanique; il s'effectue au moyen d'une sorte de blutoir, de loup, appelé aussi diable. Sa disposition, bien que variable, a pour but d'ouvrir les chiffons, par un froissement violent, et d'en faire échapper le plus possible les matières poudreuses dont il est chargé. Il consiste ordinairement en un cône à axe horizontal, ou en un cylindre un peu incliné, dont la moitié inférieure est en tissu métallique très-solide à mailles de 7 a 10 millimètres d'ouverture, la moitié supérieure est un couvercle léger en bois; dans l'intérieur de ce cylindre, qui est fixe, est disposé sur le même axe un cylindre mobile en bois, dont la surface est pleine, et qui porte implanté sur toute sa circonférence, en suivant une hélice, des petites palettes en bois très-fort ou des broches de fer de 8 centimètres de longueur; le tout est porté par un bâti et fermé de toutes parts; des portes sont réservées pour le nettoyage. Le cylindre intérieur a un diamètre de 0 mètre 60 centimètres; et une longueur de 2 mètres 40; le cylindre extérieur est de très-peu plus long, avec un diamètre de 80 centimètres; leur inclinaison est d'environ 5° ou de 60 centimètres; on donne à l'arbre du cylindre intérieur un mouvement de rotation de 150 à 200 tours par minute. Les chiffons sont introduits par la partie supérieure du couvercle et ressortent, après avoir fait un grand nombre de révolutions, par l'extrémité opposée; il va sans dire que le tracé de l'hélice formé par les broches doit concourir, selon le sens du mouvement, à faire cheminer les chiffons de leur entrée à la sortie. La longueur des broches, leur distance entre elles et l'espacement des lignes d'hélices, se détermine d'après la nature du chiffon. Soit, comme terme moyen, 6 centimètres entre les broches et 18 centimètres entre les hélices. Si on adoptait la forme conique, il ne serait pas nécessaire d'incliner l'axe : on chargerait le chiffon du côté du petit diamètre.

Toutes ces préparations à sec font faire aux chiffons un déchet compris entre 2 et 5 pour 100, en les supposant pris à l'état brut sans humidité; car, dans le cas de séjour dans une localité humide ou mouillés à dessein, ils supporteront facilement une surcharge qui pourra s'élever jusqu'à 7 pour 100 de leur poids en eau seulement, sans que, par le toucher, on puisse en reconnaître la présence. Du reste, quelles que soient les bonnes conditions dans lesquelles toutes ces matières peuvent être fournies, elles contiennent constamment, par le fait de leurs propriétés hygrométriques, quelques centièmes d'eau; cette propriété préexiste sans doute dans le papier, mais pas à un tel degré, surtout s'il est encollé; or, il faut aussi tenir compte de cette cause de déperdition, pour ne pas la confondre avec celles qui résultent réellement du travail.

Du lessivage des chiffons. — La coction des chiffons a pour but de favoriser le départ des matières étrangères aux ligneux, la plupart desquelles, comme la crasse et certains principes naturels, sont amenées à l'état de dissolution; quelques-uns sont désagrégés, et d'autres, telles que les substances colorantes propres ou artificielles, résistent en grande partie et ne sont que préparés à recevoir plus efficacement l'action d'agents d'un autre ordre. Cette opération, lors même qu'elle se pratique sans l'intervention d'une lessive, conserve encore la dénomination de lessivage.

Il existe un grand nombre d'appareils de lessivage qui ont été préconisés ; il ne s'agirait donc, de la part du fabricant, que de savoir choisir celui qui s'approprierait le mieux à ses besoins particuliers ; mais, comme la plupart des avantages nouveaux qu'ils procurent compensent à peine de nouveaux inconvénients, nous conseillerons l'emploi de l'appareil le plus ordinaire, d'un établissement et d'un service facile : nous repoussons surtout ceux qui ont des formes angulaires, parce que la circulation du liquide et la répartition de la chaleur ne s'y font pas uniformément.

Soit un cuvier dont la contenance n'excède pas 500 k. de chiffons, hauteur égale au petit diamètre, double fond percé de trous à 15 centimètres d'écartement et d'un diamètre de 2 centimètres ; le double fond doit s'enlever au besoin ; il est maintenu à 10 centimètres du fond ; au milieu est fixé verticalement un tuyau de fonte ou de cuivre d'un diamètre intérieur de 8 centimètres, et dont la hauteur est de 6 à 7 centimètres au-dessous du bord supérieur du cuvier ; son extrémité inférieure dépasse, en-dessous, le double fond de 3 ou 4 centimètres ; un couvercle en deux parties mobiles ferme le tout. Un tuyau de vapeur de 35 millimètres, garni en haut d'un robinet et d'un reniflard, s'introduit du dehors entre le fond et le double fond, ou bien par le couvercle ; cette dernière disposition n'exige pas de joint, mais il devient difficile de tasser le chiffon autour du tuyau, de manière à en empêcher le soulèvement par la vapeur ; celle-ci, trouvant moins de résistance en ce point, fait une percée, s'échappe en abondance et en pure perte. L'extrémité plongeante de ce tuyau est ouverte, mais pincée de manière à représenter une fente, on en pratique sur la partie qui s'étend entre les deux fonds, on diminue ainsi la violence des secousses produites par la condensation dans l'eau froide, secousses qui nuisent beaucoup à la conservation des joints. Une conduite d'eau de 4 centimètres alimente le cuvier par un robinet placé immédiatement au-dessus, et elle en sort par un trou de vidange percé à fleur du fond, muni d'un tampon ou d'un robinet de 4 centimètres au moins. Tel est l'appareil très-simple de Widmer.

Pour lessiver, on foule les chiffons dans le cuvier jusqu'à 10 centimètres du bord ; s'il y a lieu, on introduit ce qui doit constituer la lessive et on achève de remplir d'eau jusqu'à cette hauteur ; le robinet de vapeur est ouvert et on compte l'opération du commencement de l'ébullition ; celle-ci doit être soutenue sans être trop impétueuse, ce qui occasionnerait une grande dépense de vapeur ; elle détermine par la colonne ou tuyau du milieu un mouvement ascensionnel de liquide, qui devient circulatoire dans tout le cuvier. Il faut éviter les refroidissements, ils sont préjudiciables à la propreté des chiffons. On termine en fermant le robinet de vapeur et ouvrant immédiatement celui de vidange, car il faut bien se garder de laisser refroidir l'eau de lessivage sur les chiffons ; ceux-ci reprendraient une portion de la crasse qu'ils auraient abandonnée, et retiendraient en outre une plus grande quantité d'eau. L'eau froide que l'on verse quelquefois sur les chiffons lessivés pour en hâter le refroidissement a l'inconvénient de les resserrer, de les durcir de manière à prolonger sensiblement le travail de trituration ; les cuviers doivent être garnis complétement, trois ou quatre heures avant la mise en vapeur ; ce détrempage est favorable au lessivage, lequel doit être fait assez d'avance, pour que le maniement soit possible sans emploi d'eau froide. La durée de l'opération est mesurée d'après la nature des matières que l'on traite et leur destination particulière ; elle n'est pas moindre de trois heures et n'excède guère six ; si on jugeait nécessaire de la prolonger au delà de ce terme, il serait plus avantageux de faire deux lessivages successifs, et de varier l'espèce ou la dose de lessive à employer dans chacune des cuites. Comme lessive, on emploie, terme moyen, 2 parties de sel de soude pour 100 p. de chiffons, de 70°, par exemple, ce chiffre sera donc augmenté ou diminué ; les toiles fines et cotons blancs propres en exigent peu, les toiles dures ou bises davantage, les toiles sales et les cotons colorés beaucoup plus encore. L'emploi de la soude ne trouve guère de limite que lorsqu'elle donne lieu à une dépense qui excède la valeur de ses effets ; ainsi, la crainte d'attaquer le nerf des filaments serait puérile, puisque l'on demeurerait au-dessous de la force alcaline qui constitue les bonnes lessives de ménage. L'action du lait de chaux ou de l'eau de chaux sur les matières grasses n'est pas dissolvante, elle attendrit le chiffon sans le nettoyer, elle rend sa surface sèche, elle est d'un bon emploi dans les chiffons propres, mais bis et chènevotteux ; dans le rapport de 6 à 8 p. 100, elle fixe et concrète le goudron des cordes et toiles goudronnées, l'empêche ainsi d'adhérer aux toiles métalliques, feutres, etc. La chaux est employée à la caustification de la soude ou de la potasse, dans le but d'en augmenter l'énergie ; en ce sens il n'y a aucun inconvénient, cela s'approprie même très-bien au traitement des toiles neuves bises ; mais les frais et l'embarras fréquent que cette préparation nécessite pour être bien faite ne sont pas compensés par des avantages réels ; l'acide carbonique, qui, dans ce cas, est arraché au carbonate de soude par la chaux, abandonne également la soude à la température de 100°, en présence des acides formés par la malpropreté.

On a proposé à plusieurs reprises l'emploi d'appareils de lessivage fonctionnant sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère ; cette méthode serait sans contredit d'un avantage immense, si le haut prix et les difficultés du service des appareils ne mettaient obstacle à leur adoption. Une température de 120 à 130° serait très-favorable à la désagrégation des faisceaux de filaments

en attaquant les autres produits de la végétation qui les enveloppe et les unit. On obtient, mais imparfaitement, un résultat analogue en abandonnant les chiffons lessivés ou seulement mouillés à la fermentation; celle-ci est d'abord acide, puis putride, il faut l'arrêter à point sous peine d'éprouver des pertes notables; ce procédé, comme on le verra à l'article Papier a la main, demande plus de main-d'œuvre, de temps et d'emplacement; du reste, lorsque le local le permet, il devient d'une bonne application aux toiles non décolorées et grossières, surtout si elles sont dures et si la force motrice disponible est faible.

Le lessivage a une influence remarquable sur la substance du papier : la blancheur, les colorations, l'encollage et la solidité en sont modifiés. En effet, le chiffon souillé d'une multitude de matières hétérogènes, qui, pour la plupart sont grasses et acides, en offre quelques-unes qui résistent longtemps aux agents dissolvants; si donc, on considère, entre autres, un pinceau de fibres enveloppé d'une sorte de vernis préservateur du genre dont nous parlons, le chlore devient sans action sur la matière colorante, une matière colorante nouvelle ne saurait y être retenue, la colle ne peut s'y fixer, et les filaments sont moins serrés dans leur feutrage.

Nous avons aussi à constater l'action décolorante, peu puissante, il est vrai, du lessivage; il faut donc avoir l'attention de diminuer ou de supprimer l'emploi des alcalis lorsqu'on voudra conserver les couleurs; si, au contraire, on voulait utiliser cette propriété, deux lessivages consécutifs, le premier à la soude, le second à la chaux, pâliraient et dissoudraient un grand nombre de teintes.

Lavage des chiffons. — A proximité de l'atelier du lessivage ou des cylindres défileurs est disposé un appareil propre au rinçage du chiffon lessivé; c'est une caisse quadrangulaire en bois, élevée sur quatre pieds à 0m 25 du sol, ayant 0m 65 de profondeur, 0m 90 de long et 0m 50 de large; un grillage métallique, suivant ces dimensions, est soutenu à l'intérieur à 0m 15 du fond; une autre grille, mais plus légère, à mailles très-ouvertes, est fixée sur un des grands côtés à 0m 20 au-dessous du bord de la caisse, de manière à se lever et se baisser comme un couvercle à charnière. L'un des bouts de la caisse porte une auge qui règne dans toute sa largeur, un peu en contre-haut du bord; à l'autre extrémité est pratiquée une vanne plongeant à 0m 10 en contre-bas des bords. La caisse étant remplie d'eau jusqu'à 0m 10 du bord, l'ouvrier y plonge une poignée de chiffons de 2 à 3 k., l'y agite en tout sens, rabat la grille supérieure qui était levée, donne de l'eau dans l'auget qui déverse dans la caisse; il ouvre, un moment, la vanne, puis, arrêtant l'arrivée et le départ de l'eau, il relève la grille supérieure, enlève à la main ou avec un bâton le chiffon lavé; prenant une nouvelle quantité de chiffons, il continue à procéder de la sorte, jusqu'à ce que l'eau de la caisse, devenant trop sale, l'oblige à la vider complétement; une vanne ou une bonde est percée à cet effet, à fleur du fond de la caisse. La disposition des deux grilles permet d'expulser la majeure partie des impuretés solides; ainsi le sable qui tombe reste au fond en traversant celle du bas destinée à porter les chiffons; la grille supérieure, étant abaissée, emprisonne les chiffons pour qu'ils ne soient pas entraînés au dehors par le courant d'eau avec les pailles, plumes, etc., lesquelles, étant plus légères que l'eau, traversent la grille et viennent surnager à la surface.

On a essayé de plusieurs moyens mécaniques pour opérer avec plus de célérité et d'économie; des tambours immergés en partie ou en totalité, des lavoirs à lames modifiés, sont des moyens excellents de rinçage, mais insuffisants pour enlever des corps légers. Nous devons faire remarquer qu'il devient impossible d'isoler ces impuretés au milieu de toutes les opérations subséquentes, tandis que la crasse dissoute et les matières lourdes peuvent être parfaitement écartées. C'est à tort que, par un motif d'économie de main-d'œuvre, l'on néglige généralement l'usage de cette préparation si simple; dans le cas où l'on veut faire bien, elle est évidemment indispensable; si l'on veut faire beaucoup, il est clair qu'elle y conduit en abrégeant le temps de lavage des cylindres, et, en conséquence, diminue la perte de pâte qui se produit pendant le lavage et la trituration.

Défilage des chiffons. — Ici commence la fabrication proprement dite : il s'agit de changer la forme de la matière première, détruire des tissus, désassocier des fibres textiles, les nettoyer totalement, puis les mêler entre elles de telle sorte qu'elles ne se présentent plus que sous l'apparence d'un tout homogène. On désigne ce produit par les noms de *pâte* ou d'*ouvrage*, dont on fait une distinction d'après son degré de trituration en défilé ou demi-pâte, et en raffiné ou pâte. La pile cylindrique est l'appareil dont l'heureuse disposition concourt le mieux à produire ces résultats : donnons une idée de sa construction.

Suivant les localités, les piles se construisent soit en bois, en pierre ou en fonte; les deux premiers genres de construction ont quelques inconvénients que n'a point celui en fonte; ce dernier réunit surtout l'élégance à la solidité.

La pile raffineuse ne diffère essentiellement de la défileuse que par le nombre de ses lames; cette dernière les porte disposées sur son cylindre en dix-neuf paquets de deux lames, soit trente-huit lames pour un diamètre de 0m,60 avec platine de douze lames. La raffineuse porte en tout dix-huit paquets à trois lames, soit cinquante-quatre lames, avec platine de quinze lames; le premier cylindre marche avec une vitesse de 175 révolutions par minute et le second à 200; dans ce temps, il y aura pour l'un 80,000 rencontres de lames, et pour l'autre 160,000

ou 2,600 par seconde. Ici les contacts doublement fréquents réduiront de moitié l'énergie de chacun d'eux. Ce travail réclame l'application d'une force de cinq chevaux par pile.

Une pile défileuse en travail contient 1,200 litres d'eau, et est fournie en moyenne par 40 kilog. de chiffons. Une raffineuse de même constance peut recevoir en défilé l'équivalent de 55 kilog. de chiffons, soit 40 kilog. de papier.

On distingue encore un autre genre de pile, nommée élaveuse, qui a pour fonction de blanchir les défilés à la pile à l'aide d'un chlorure décolorant et d'un acide, de les laver ainsi que ceux qui sortent des blanchiments au chlore ou au bain de chlorure. Sa construction est légère et la force qu'elle emploie est à peine d'un cheval. Son rouleau est ordinairement garni de lames de bois; lorsqu'elles sont en bronze, on peut les approcher d'une platine usée, également en bronze; il en résulte une légère friction qui tend à faire dégorger le défilé, à en faire exprimer les matières colorantes et salines qui résident dans le défilé blanchi.

La réunion de plusieurs piles constitue une batterie; elles sont diversement distribuées, selon l'exigence des localités ou du travail. Tantôt les piles sont groupées de manière à se vider les unes dans les autres, ce qui épargne la main-d'œuvre lorsqu'on blanchit à la pile ou que l'on ne fait pas de mélanges de pâtes; tantôt chaque espèce forme une batterie particulière, entièrement indépendante des autres.

L'ouvrier chargé de la direction d'une batterie porte le nom de gouverneur; suivons-le dans la conduite du défilage. Après avoir, à l'aide de la manivelle, élevé le rouleau d'un centimètre au-dessus de la platine et rempli d'eau la pile, il y répand les chiffons lessivés en évitant qu'ils ne s'accumulent sous le rouleau; le robinet fournit de l'eau en abondance, et, les faux châssis étant levés, les châssis de lavage fonctionnent. Le gouverneur, ayant aidé à la distribution égale des chiffons avec une spatule, abaisse le rouleau à quelques millimètres de la platine, de sorte que les chiffons soient rudement froissés sans être coupés; trois ou quatre tours de pile suffisent ainsi pour en faire ressortir les malpropretés. Il relève le rouleau comme au début et ne fait plus que laver, il nettoie le sablier; puis, baissant graduellement, il arrive, tout en continuant à élaver, à le faire porter légèrement sur la platine; il spatule fréquemment pour obtenir une trituration uniforme, et lorsqu'il la juge suffisamment avancée, c'est-à-dire offrant une pâte sans trace de tissus ni de fils tordus, il lève la bonde qui fermait le conduit, et la pile se vide par cette issue. La durée de l'élavage et du filage n'est pas moindre d'une heure et demie, dans le cas où, ayant à faire à une pâte tendre, on ne tient pas à la ménager; elle n'excède pas quatre heures pour une pâte bien allongée, sauf, ce qui est rare, les cas de fabrications particulières.

La beauté du défilé, dans le travail au cylindre, dépend de la limpidité de l'eau, du temps que l'on consacre au lavage et à la trituration, de la matière et de l'état des parties tranchantes, et enfin, évidemment, des soins particuliers de l'ouvrier, que la pratique seule enseigne. Le lavage par l'eau trouble ne peut donner qu'une pâte terne, difficile à blanchir, à colorer et à encoller; le filtrage devient indispensable. (*Voy.* FILTRES.) A défaut d'appareil de filtrage, il sera bien de nouer des sacs de flanelle aux robinets, précaution qui, dans tous les cas, n'est pas à négliger pour les belles sortes. Le battage sur la platine ne doit commencer qu'au point où l'eau de lavage finit par n'être plus louche. Plus le battage est brusque, et plus les filaments sont raccourcis; plus il est prolongé avec ménagement, et plus ces mêmes filaments s'effilent sans se tronquer; ceux-ci sont, pour ainsi dire, longs et minces; ceux-là courts et épais. Les lames de platine et de cylindre, tranchantes et d'acier, énervent en coupant; celles qui sont usées ou en bronze allongent la pâte en l'écrasant. D'après cela, les rouleaux et platines à tranchant dur et acéré ne conviennent qu'aux chiffons durs; les lames douces et usées aux chiffons tendres. Parfois on devra appuyer le rouleau sur les premiers, mais on le tiendra toujours un peu soutenu sur les seconds, et on fournira la pile d'une moins grande quantité de matière dure que lorsqu'elle est tendre; enfin, si le temps le permet, il ne faut pas craindre d'allonger les pâtes en modérant l'action du cylindre; elles font moins de déchet, blanchissent promptement, restent nerveuses, sont sans boutons et se raffinent aisément. Il faut prendre garde de ne pas allonger les pâtes dures plus que les tendres; il en résulterait, lors de leur mélange dans la raffineuse, un raccourcissement tel, que celles-ci serviraient plutôt de remplissage que de lien.

Lorsqu'on veut blanchir au chlorure de chaux, on verse quelquefois 200 à 300 grammes d'acide sulfurique dans la pile, cinq minutes avant de l'employer; on ferme aussitôt les faux châssis; le peu d'acide qui reste dans la pâte égouttée suffit pour accélérer la décoloration.

Le chiffon défilé, à moins d'être soumis immédiatement au raffinage, est séparé de l'eau dans laquelle il nage, soit par l'égouttage, soit aussi par la pression. Il est envoyé dans des caisses pouvant contenir deux pilées; elles sont garnies de châssis de toiles métalliques ou doublées de zinc percé de trous; cette disposition occupe beaucoup de place, et demande un temps assez long pour le départ suffisant de l'eau. L'emploi d'une presse disposée convenablement pare à ces inconvénients; la pressée se fait en 20 minutes, pilée à pilée, et produit un pain compact de pâte peu exposée à se salir, et d'un transport facile. La presse hydraulique appliquée à ce système, montée par M. Cha-

pelle, est d'un service parfait. Ce pressage par pilée est aussi d'un grand secours dans le contrôle et la surveillance journalière de fabrique. Nous citerons encore un ingénieux appareil dû à M. Ferrand-Lamothe, de Troyes, dans la description duquel, faute d'espace, nous ne pouvons entrer. C'est en quelque manière la table de fabrication de la machine à papier, disposée pour pouvoir donner, au lieu d'une feuille de papier, une sorte de matelas ou feuille excessivement épaisse de défilé; sous cette forme il est moins transportable que sous celle de pain, mais il est mieux disposé pour le blanchiment.

Blanchiment du défilé, ou demi-pâte. — Travail qui modifie la substance des chiffons par la dissolution ou la destruction plus ou moins complète de la matière colorante qui lui est inhérente; ces altérations sont produites par l'emploi d'agents chimiques, tels qu'alcalis, acides et chlore; le rôle de ce dernier est essentiellement destructif. Les autres ne sont, en quelque sorte, que comme des accessoires propres à graduer l'énergie de ses propriétés ou à opérer des dissolutions, soit après, soit avant son action.

Un chimiste allemand, M. Fuchs, propose l'application de la découverte dont il est l'auteur, laquelle consiste à blanchir la plupart des substances organiques, à l'aide de l'électricité. Les détails de son procédé n'étant pas encore parvenus à notre connaissance, nous ne pouvons qu'éveiller l'attention de nos fabricants sur une question si pleine d'intérêt pour tous, et si importante à tous égards.

Le chlore s'emploie sous deux formes, gazeux ou liquide; de là deux manières différentes de procéder.

Dans le blanchiment au chlore gazeux, l'appareil est ainsi composé : une bonbonne ou tourille de grès, faisant office de cornue, est disposée sur un fourneau : elle est chauffée au bain-marie, à la vapeur ou au bain de sable. Un tuyau de plomb est adapté au col de la tourille, pour amener le gaz qui se dégage sur le défilé contenu dans une caisse hermétiquement close. La forme de cette caisse est un parallélipipède auquel on donne une position horizontale ou verticale. Dans ce dernier cas, il est indispensable de multiplier le nombre des étages ou tablettes qui doivent porter le défilé. L'ouverture qui sert à l'introduction et à la sortie des pâtes est pratiquée sur l'une des faces latérales; elle est fermée par un volet de 12 mètres de surface au moins; il pénètre à mi-bois de manière à effleurer extérieurement. Le tuyau d'arrivée du gaz pénètre par le milieu de la paroi supérieure; un échappement d'air est pratiqué aussi dans le haut, mais le plus éloigné possible de l'arrivée du chlore. Les dimensions intérieures sont réglées pour 500 kil. de chiffons défilés, sur une capacité de 3 à 4 mètres cubes. La caisse peut être construite en bois, pierre ou brique. Le bois employé doit être résineux, suffisamment sec pour ne plus jouer ou se fendre, d'une épaisseur de 7 à 8 centimètres, assemblé à double rainure garnie de mastic de céruse, et, pour la conservation, une couche d'huile de lin chaude est passée sur les parois, puis on les couvre de deux couches au moins de peinture à la céruse; pour la décoration, l'extérieur pourra être également peint. En pierres ou en briques, les joints seront faits en ciment romain, ou mieux en plâtre, ne contenant pas de carbonate de chaux. On couvrira la caisse d'un glacis de même matière, ou, ce qui est plus propre, d'un revêtement de plaques de faïence ou de briquettes vernissées.

Le défilé n'étant ni trop sec ni trop mouillé, mais égoutté de manière à ce que, par la pression de la main, on ait peine à en exprimer une goutte d'eau, on le distribue sur les tablettes, dans la caisse par morceaux du poids de 200 grammes environ; on ferme le volet dont on lute les joints en collant des bandes de papier dans toute leur étendue.

Pour blanchir 500 kil. de chiffons défilés, il faut, selon le cas, produire un dégagement de 2 mètres jusqu'à 5 mètres cubes de chlore; tout ce volume n'est pas utilisé, on a à tenir compte d'une perte constante due à la capacité des tuyaux, des tourilles, et aussi par la caisse qui doit contenir, après l'opération, un léger excès de gaz. Le manganèse d'Allemagne, bonne qualité, produit par kilogr. 240 litres de chlore; celui de Romanèche 150 litres, donc 5 kil. du premier donnent un produit équivalent à 3 du second. Pour obtenir une production moyenne de 3,500 litres environ, on prend avec 24 kilogr. de manganèse, 70 kilogr. d'acide hydrochlorique à 22°; ou encore, 26 kilogr. d'eau, 26 kilogr. d'acide sulfurique, et 18 kilogr. de sel marin, toujours avec la même quantité de manganèse de Romanèche, ou avec 15 kilogr. de manganèse d'Allemagne. Nous ferons observer que les manganèses peu riches présentent l'inconvénient d'absorber en pure perte une certaine portion d'acide pour la saturation des carbonates qu'ils contiennent, et qu'ils produisent fréquemment un culot très-dur, formé de gangue et de sels insolubles dont l'adhérence au fond des tourilles est une cause de casse, ou les met hors de service. Le manganèse doit être employé en grenaille et non en poudre, il est moins exposé à s'agglutiner, se mouille uniformément, donne un dégagement de gaz moins brusque, et les parties non attaquées sont plus faciles à recueillir après l'opération. La cornue est d'une capacité double de la masse qu'elle doit contenir, c'est-à-dire fonctionnant à demi-pleine; il faut qu'elle puisse résister à une température qui s'élève progressivement jusqu'à 120°, et il est nécessaire qu'elle soit inattaquable par les acides ou le chlore, conditions qui ne sont guère remplies que par la poterie de grès.

Lorsqu'on veut opérer, on charge une

ou plusieurs tourilles correspondantes à la caisse préparée; on introduit dans l'ordre suivant, d'après le mélange adopté : manganèse, acide hydrochlorique; eau, acide sulfurique, manganèse, acide hydrochlorique; eau, sel marin et manganèse mêlés, acide sulfurique. Tout étant préparé à l'avance, on adapte promptement le tuyau à la tubulure de la tourille et on lute avec soin; une demi-heure après on commence à chauffer modérément; puis, aussitôt que l'on s'aperçoit de la fuite du chlore par l'échappement d'air, on ferme celui-ci. La température portée à 100° au moins est soutenue à ce point pendant huit ou dix heures, temps après lequel le dégagement doit être à peine sensible. Le défilé reste sous l'action du gaz dix-huit à vingt-quatre heures; si on réduit le temps, il faut augmenter la dose de chlore. A cette occasion, disons que cette dose ne doit pas se mesurer par le degré de blanc que l'on veut obtenir, mais par la quantité approximative de matière colorante à détruire; ce qui excède la proportion nécessaire à cet effet, attaque le ligneux lui-même, le roussit et l'énerve. Voici l'ordre que suivent les pâtes dans leurs capacités d'absorption pour le chlore en commençant par les plus faiblement douées : coton blanc (blanc éclatant), fil fin usé (blanc), coton écru et fil fin non usé (blanc terne), gros fil non usé et cordes (blanc légèrement gris), toiles neuves bises et bises ordinaires (jaune paille pâle), toiles grossières et chevrotteuses) jaune saumon clair), cotonne de couleur foncée (jaune fauve et terne) : en essayant d'indiquer aussi le degré de décoloration, nous ferons remarquer qu'il s'éloigne d'autant plus du blanc qu'il faut plus de temps et de chlore pour l'obtenir, ce qui revient à dire que plus il y a de matière colorante à décomposer et plus il en restera des traces visibles, la décoloration n'étant pas absolue. La nouvelle substance colorante enveloppe encore le ligneux, avec cette différence qu'elle est soluble dans les alcalis, et même en grande partie dans l'eau froide, c'est donc par dissolution qu'on s'en débarrassera; mais, c'est toujours au lavage à froid par les cylindres qu'on a recours, ou à la pile spéciale nommée élaveuse.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire les dispositions particulières de l'appareil de production et les divers moyens de luter les raccords; disons seulement que les fermetures hydrauliques sont préférables à toutes les autres, lorsqu'il n'y a pas de pression; elles concourent aussi à condenser l'acide hydrochlorique entraîné dans le dégagement du chlore; à cet effet, il est bon d'adopter une disposition pour l'arrêter; le plus simple est de placer un plat évasé, plein d'eau, dans l'intérieur de la caisse, immédiatement au-dessous de l'arrivée du gaz.

Parmi les chlorures alcalins, ceux de soude et de chaux sont les seuls dont on fasse usage; le chlorure de chaux étant d'un emploi plus général, nous nous en occuperons plus particulièrement. Sous forme solide, il a l'avantage d'être d'un transport moins dispendieux qu'en dissolution dans l'eau; mais comme il faut en venir à l'employer sous cette forme, il y aurait avantage, si on le faisait soi-même, à le fabriquer liquide.

Le pouvoir décolorant de 1 kilogr. de chlorure sec est à peu près égal à celui de 20 litres d'une dissolution marquant 5° au pèse-sel.

Pour le blanchiment de 500 kilogr. de chiffons défilés, la dose varie entre 8 et 10 kilogr. de chlorure sec. Le mode d'emploi le plus simple consiste à le verser dans une pile en travail à la fin du défilage ou au commencement du raffinage, ou bien dans l'élaveuse; son action sur le défilé serait très-lente, n'ayant pour agent provocateur que le contact de l'air, aussi a-t-on recours à l'intervention d'un acide pour en brusquer l'effet : l'acide sulfurique, par exemple. Soit, pour les proportions relatives déjà indiquées, de 4 à 10 kilogr.; on le verse sur la pâte, convenablement étendue d'eau, soit après, soit avant le chlorure, avec le soin de le répandre uniformément dans tout le circuit de la pile; au bout de dix minutes la pile peut être vidée, ou mise sur place en élavage.

Un autre mode est celui qui consiste à blanchir par bains; il exige, comme par le gaz, des appareils particuliers; ceux-ci sont des cuves ou bassins, dont partie sert de réservoir aux dissolutions, partie aux bains de blanchiment. Le niveau du fond du réservoir supérieur doit être au-dessus du bord des caisses ou cuves de blanchiment; la contenance du réservoir supérieur est plus grande que celle de la somme des caisses qu'il doit alimenter, surtout si l'on fait usage du chlorure sec; la surface de liquide qu'il présente à l'air est la moindre possible, eu égard à ses autres dimensions. Les caisses de blanchiment, au contraire, étant peu profondes et multipliées, développent une grande surface; cette disposition a pour but de rendre plus prononcée l'action de l'air et de la lumière sur le bain; leur capacité ne doit pas excéder 5 mètres cubes, correspondant à une contenance de 250 kilogr. au plus de chiffons défilés; plus petites, elles ne travaillent que mieux, la pâte se tasse moins, et il est plus aisé de spatuler, si cela est jugé nécessaire

Elles ont un double fond de châssis garnis de toiles métalliques; au-dessous est une bonde de vidange qui verse dans un canal commun se rendant au réservoir inférieur, ce dernier n'a qu'un tiers de la contenance des caisses qu'il dessert. A moins d'être des cuves de bois, les caisses de blanchiment sont de forme quadrangulaire; elles sont construites en pierre ou en briques, bien cimentées, complétement revêtues à l'intérieur de ciment résineux, de bitume, ou mieux, de plomb laminé; toutes les soudures de plomb devront se faire pour ce blanchiment, comme pour celui au gaz, par le chalumeau à gaz hydrogène, et éviter

dans les points d'appui le contact des autres métaux.

La liqueur décolorante est faite, pour la première fois, par 25 kilogr. de chlorure de chaux pour 1,000 litres d'eau, ou la dissolution, ramenée entre 2 et 3°; un degré trop élevé donne lieu à une plus grande perte, par l'air et par l'égouttage; il faut se défier de l'indication du pèse-sel qui n'accuse que la densité de la liqueur, densité qui peut être aussi bien augmentée par la présence du chlorure de calcium que par celle du chlorure de chaux.

Pour donner un bain on remplit les cuves ou caisses à ce destinées, d'abord de défilé bien égoutté que l'on écharpe par morceaux plus petits qu'on ne le fait pour le gaz, puis de chlorure qu'on reçoit du réservoir par un chiffon, un chéneau, une conduite quelconque enfin, mais rien qui multiplie les robinets et les joints. Le défilé demeure immergé six heures, terme moyen; on ne saurait assigner qu'entre de grandes limites la durée qui convient à l'action complète du bain; car, nous le répétons, l'état et la nature des pâtes retarde ou accélère la décoloration, qui est aussi plus ou moins complète. Il faut savoir faire varier à propos les proportions de défilé à blanchir et l'énergie du bain.

Le blanchiment effectué, on ouvre les bondes des châssis, et les eaux de chlorure, abandonnant le défilé, vont se réunir dans le réservoir d'égout, d'où elles sont reprises par une pompe et reversées dans le réservoir supérieur. Là, elles sont ramenées au degré voulu par l'addition d'une quantité convenable de chlorure sec ou liquide concentré. Ces eaux qui avaient perdu de leur pouvoir décolorant, sont quelquefois colorées elles-mêmes en jaune sale par les substances détruites et rendues solubles; ce qui fait que les pâtes blanchies par ce procédé présentent plutôt un ton blanc grisâtre, qu'une teinte jaune prononcée. Le défilé suffisamment égoutté est enlevé des caisses, il est encore imbibé d'une quantité notable de chlorure, de sorte que, si on le laisse en dépôt, la décoloration peut se continuer jusqu'à saturation du chlore; si celui-ci est en excès, le ligneux finira par en être attaqué. D'autres fois, le même effet destructif se produit par l'acide hydrochlorique développé dans la réaction du chlore sur la matière colorante et insuffisamment saturé par la chaux.

Le chlorure de soude, étant moins stable que celui de chaux, décolore plus promptement et dissout mieux la matière colorante détruite; sa présence dans les pâtes mal lavées nuit moins au collage que ne le ferait un sel calcaire. En Angleterre, le chlorure de soude est souvent substitué avec avantage au chlorure de chaux. En France, la grande différence qui existe entre les prix de ces deux produits fait qu'on est réduit à n'employer que du chlorure de chaux. L'effet du gaz chlore sur le défilé est plus énergique que celui des chlorures; cependant ces derniers agissent plus intimement sur les filaments élémentaires, et d'une manière qui en compromet moins la solidité. Ainsi, le gaz attaque fortement tout ce qui est chènevotteux, ce que ne font pas aussi bien les chlorures, tandis qu'il n'attaque que superficiellement les défilés de chiffons bis, parce que ceux-ci sont à fibres plus complexes, et que celles de l'intérieur, restant imperméables au gaz, demeurent colorées. Ce fait devient sensible lorsqu'on opère le lavage du défilé blanchi, opération indispensable, puisqu'elle consiste, comme nous l'avons dit, à dissoudre la matière colorante détruite qui s'opposerait au succès de tout traitement ultérieur. Le travail se fait dans une pile ordinaire, ou mieux dans la pile laveuse *ad hoc*. La durée du lavage tient à la quantité d'eau qui y est affectée, soit par exemple, pour un temps moyen d'une heure, une alimentation de trois litres par seconde; on estime le lavage complet, lorsque l'eau qui en résulte sort limpide, incolore et non écumeuse. Ainsi dégorgé, le défilé, dont la couleur était une des nuances du jaune, est devenu grisâtre comme un mélange de pâte blanche et de pâte non blanche; il est presque toujours indispensable, en ce cas, d'avoir recours de nouveau au blanchiment par le gaz ou par les chlorures.

Règle générale : le premier blanchiment se fait au gaz; un second au gaz ne se fait que sur les chiffons très-colorés ou chènevotteux; un troisième, ce qui est rare, ne se fait qu'au chlorure. Les chlorures décolorants s'emploient en toute circonstance, sans que l'abus qu'on peut en faire entraîne, comme le gaz, à des déchets et des détériorations notables de pâtes. Le défilé blanchi au gaz doit être lavé immédiatement; le défilé blanchi au chlorure est gardé avec avantage huit à quinze jours, et, contrairement à ce qui se passe pour le gaz, le défilé prend de l'éclat et de la blancheur en s'élavant; quant à la couleur rouille de certains chiffons teints ou tachés par le fer, elle sera dissoute, après le premier blanchiment au chlore, par un bain d'acide hydrochlorique dans la proportion de 3 d'acide pour 1000 d'eau.

On a donné le nom d'antichlore à des réactifs qui ont la propriété de neutraliser, dans la pâte, le chlore en excès, et l'acide hydrochlorique produit par le fait de la décoloration; l'emploi de ces réactifs a pour but d'annuler le lavage, qui est une cause de perte de temps, de matière et de force motrice, dans l'opinion, du reste fondée, que l'introduction du chlore à l'état libre, ou d'un acide dans le papier, nuit à sa coloration, à son collage et à sa durée. Ce ne sont pas là les seules causes qui produisent ces mauvais effets; il faut en attribuer une forte part à la préexistence de la matière colorante dénaturée; l'élimination par lavage, ainsi éludée, ne satisfait pas entièrement.

Le carbonate de soude, introduit dès le commencement du lavage, neutralise l'acide hydrochlorique, et aide à la dissolution de la matière colorante; qu'il soit ajouté à la

fin de l'opération une certaine proportion d'ammoniaque, par exemple, le chlore restant sera masqué et les produits de la réaction inoffensifs. En procédant de cette manière, on gagne un peu de temps, et on a la certitude de n'éprouver aucune entrave de la part du chlore. Du reste, quoi que l'on fasse en ce genre, il y aura toujours présence de chlore dans les papiers de pâtes blanchies, soit à l'état de sels, soit combiné à la matière colorante, en substitution de son hydrogène, laquelle ne saurait être expulsée à froid d'une manière rigoureuse, soit enfin par le tissu ligneux qui le condense, et le dérobe à l'action des agents dissolvants et réactifs. Des circonstances fortuites ou le temps seul pourront développer de nouvelles tendances de la part du chlore tenu pour ainsi dire à l'état latent, et affecter par une action lente l'organisation textile du ligneux. Bien que cette présomption se fonde sur quelque vraisemblance, aucune expérience assez précise n'a prouvé jusqu'ici qu'il en soit exactement ainsi. On a attribué la destruction lente de quelques papiers de machine aux procédés de blanchiment; l'abus, ou plutôt l'ignorance, qui a dû présider d'abord à leur application, en était seule coupable : les mêmes moyens, entre les mains de fabricants capables, n'ont jamais produit de semblables résultats. Quoi qu'il en soit, le meilleur antichlore et le meilleur lavage se réduirait, selon nous, à un lessivage du défilé blanchi.

Raffinage. — La trituration des chiffons, suspendue pour permettre le blanchiment ou le mélange des diverses pâtes, est reprise et achevée par la pile raffineuse. La pile, remplie convenablement d'eau, est fournie en défilé par espèces et proportions déterminées. Le gouverneur fait appuyer graduellement le rouleau sur la platine, jusqu'à ce qu'enfin il y porte presque de tout son poids; le gouverneur maintient le cylindre dans cette position, jusqu'à qu'il ait reconnu que la pâte est suffisamment battue; mais comme elle offre des boutons de pâte, pour les faire disparaître, il affleure. L'affleurage consiste à tenir le rouleau au point juste où ses lames touchent à peine, affleurent celles de la platine; par là, les filaments sont plutôt étirés que coupés, et tout ce qui excède leur épaisseur moyenne est, au contraire, fortement atteint. Le gouverneur s'étant assuré par un nouvel examen du bon aspect de la pâte, il lui donne issue par des conduits qui se rendent au réservoir ou cuvier de machine.

Pendant toute la durée du raffinage, qui peut être de deux à quatre heures, on doit spatuler fréquemment; car, la matière qui chemine sur le fond et le long des parois de la pile est mise en retard par le frottement, ou par la longueur du parcours, qui excède de beaucoup celui qui s'opère autour de la cloison; il en résulte une répétition inégale d'action, de la part des lames, sur diverses portions de la pâte. Lorsque le papier doit être collé ou coloré, on introduit ordinairement dans la pile les matières préparées à cet effet, un peu avant d'affleurer.

C'est ici le lieu de rappeler ce qui a déjà été dit, au défilage, à l'égard de l'état des lames de rouleaux et de platines; cette condition a la plus grande influence sur la solidité du papier. Un raffinage précipité donne un papier mou, sans ténacité, d'un mauvais transparent et d'une surface plucheuse. Dans ce cas, la pâte retient peu l'eau lors de son feutrage ; elle est dite sèche ou surge. Si, au contraire, l'emploi du temps et des machines est bien ménagé, la pâte, quoique longue, donne des feuilles d'un transparent uniforme; ses surfaces sont unies, sa substance dense, souple et carteuse; cette pâte retient beaucoup d'eau, caractère que l'on exprime par les noms de pâte verte ou grasse. Règle générale : sont surges, les chiffons tendres, notamment les cotons; les chiffons battus brusquement, battus avec des lames tranchantes ou dures; ceux blanchis énergiquement au gaz; ceux enfin triturés par une pile faiblement fournie en défilé : sont gras, les chiffons durs, neufs; ceux battus longuement avec des lames douces un peu usées; ceux non blanchis ou blanchis aux chlorures; ceux battus en pilée copieusement fournie.

Maintenant que nous avons amené le ligneux du chiffon à l'état de pureté presque parfaite, et rendu propre à prendre la forme du papier, disons quelques mots des substances qui y entrent en mélange ou en combinaison, toutes les fois qu'il s'agit de donner au papier de nouvelles propriétés. Les principales sont : l'*encollage* et la *coloration*.

Colle animale. — Les matières employées dans la préparation de la colle animale ou gélatine, sont : les rognures de peaux non tannées provenant des corroyeurs et des bourreliers, les tendons, les cartilages, et plus particulièrement les pieds de mouton, de chèvre ou de chevreau. On prépare cette colle de la manière suivante : ces débris ayant été chaulés, ils subissent une macération de deux jours dans l'eau pure, puis ils sont parfaitement lavés à l'eau acidulée et débarrassés des malpropretés dont ils sont toujours chargés ; on les introduit dans une chaudière de cuivre avec dix fois leur poids d'eau, en les plaçant dans un panier, afin que dans la cuisson ils ne puissent s'attacher aux parois. Le feu se conduit graduellement et de manière à éviter l'ébullition ; on projette une petite quantité de chaux vive en poudre, pour absorber les graisses ; on écume et l'on recommence ce traitement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'écume produite ; à ce point on laisse baisser un peu la température du liquide ; six heures après, si on en verse un peu sur une assiette et qu'il s'y fige en quelques instants, il est bon à être soutiré ; on le passe à travers une chausse ou un drap de laine, étendu au-dessus d'un cuvier large et peu élevé faisant office de réservoir. Cette première cuite terminée, on recharge aux deux tiers la chaudière d'eau, on fait bouillir doucement, et si on ne veut pas fractionner

les produits, on réunit cette dernière cuite à la précédente; laissant reposer et refroidir, on a pour résultat une gelée transparente presque incolore; elle doit être conservée dans un lieu frais et aéré; s'il arrive qu'elle tourne par un temps chaud ou orageux, on y remédie en la faisant chauffer et ajoutant de l'acétate de plomb; on agite, puis on laisse déposer; il est facile de prévenir cet inconvénient en ajoutant l'acétate de plomb aussitôt après le soutirage, cela contribue encore à une prompte clarification.

Pour préparer une cuve ou mouilloir, on mêle à 100 kilog. de gelée, maintenue liquide par une chaleur convenable, un kilog. d'alun, et lors des grandes chaleurs, où le collage est plus difficile, on ajoute 30 grammes d'hydrochlorate d'ammoniaque ou de sulfate de zinc.

On conseille, pour la fabrication de la gélatine incolore, l'emploi d'un bain d'acide sulfureux dissous dans l'eau, après fermentation légère à l'eau pure des colles matières; mais cette gélatine est plus exposée à se décomposer par l'influence de l'air chargé des odeurs de la floraison des plantes ou de leur dessication.

La mise en colle des papiers exige, de la part de l'ouvrier qui en est chargé, une certaine habitude de maniement et des attentions particulières en raison de l'épaisseur, de la nature, de la sécheresse de la pâte et de l'état de l'air atmosphérique. Le colleur prend une poignée de 100 feuilles de papier ou plus, il les plonge dans la colle et les écarte avec soin pour les en imprégner également; la colle superflue est expulsée par une mise sous presse; les feuilles, transportées dans une salle nommée étendoir, sont séparées et étendues sur des cordeaux pour y être séchées. Une dessication rapide atténue la faculté collante de la gélatine; il suffit de remouiller et matricer le papier manqué de colle par cette circonstance, puis de le faire sécher lentement pour voir reparaître la colle avec son imperméabilité. Ce fait est la conséquence d'un phénomène de capillarité qui transporte insensiblement la gélatine contenue dans l'épaisseur de la feuille vers ses surfaces, lesquelles sont rendues absorbantes par la déperdition d'humidité qu'elles éprouvent sans cesse; les liquides ainsi appelés à la superficie y charient les matières dissoutes, qui s'y concrètent en une sorte de pellicule imperméable. La dessication prompte produit une concentration brusque qui interrompt ce mouvement.

Le collage à la gélatine s'adapte moins bien à la fabrication du papier continu que le collage par la résine; cependant, soit pour les qualités qu'il communique aux papiers, soit encore par pratique insuffisante des procédés du nouvel encollage, la majeure partie des papeteries de la Grande-Bretagne continue l'emploi de la gélatine. Plusieurs d'entre elles, placées au premier rang, ont réussi à coller avec cette substance, d'une manière presque instantanée et continue; mais, il faut le dire, le collage ainsi obtenu n'est pas assez fort pour être applicable indistinctement à toutes les espèces de papiers.

Colle végétale ou *savon de résine.* — En voici la préparation : dans une dissolution de soude partiellement caustique et tenue en ébullition, on introduit par portion de la colophane concassée en petits morceaux; on agite continuellement. Sur une masse totale de 500 kilog., la cuite s'effectue en cinq heures environ.

Les proportions des matières employées sont :

100 colophane;
80 cristaux de soude;
80 eau;
10 chaux.

La chaux, étant éteinte, est délayée dans la dissolution de soude très-chaude, ou mieux en ébullition; après repos, on tire au clair la lessive que l'on verse immédiatement dans une chaudière en cuivre chauffée à feu nu ou au bain-marie; puis, ajoutant la colophane comme il a été dit, on obtient pour résultat 200 kilo. de colle ainsi composée :

100 colophane;
20 soude caustique;
80 eau.

D'un autre côté, il reste dans le dépôt de chaux carbonatée une certaine quantité de soude assez incommode à séparer et qu'il vaut mieux consacrer au lessivage; la quantité d'eau est diminuée aussi par l'évaporation, et les cristaux de soude en fournissent, puisqu'ils contiennent 64 pour 100 d'eau. Il est clair qu'il faudra diminuer proportionnellement le chiffre du carbonate de soude lorsqu'on l'emploiera calciné (sel de soude) et augmenter celui de l'eau.

La cuisson à feu nu nuit à la blancheur de la colle, l'action des coups de feu étant immédiate; l'emploi de la vapeur, quoique préférable, présente l'inconvénient d'augmenter le volume d'eau faisant partie de la colle et d'apporter plus de lenteur dans la combinaison; un bain-marie salin est préférable de beaucoup, en ce qu'il obvie à tous ces inconvénients et donne une température fixe et supérieure à 100 degrés, on peut abréger cette opération en fondant à une chaleur douce la résine au lieu de la pulvériser, et la versant lentement dans la lessive chaude vivement agitée; la combinaison se fait ainsi presque instantanément, et il ne peut rester aucun grain de résine non dissous. Dans tous les cas, la chaudière où se font les cuites ne doit être remplie qu'aux deux tiers, et porter à sa partie supérieure une large ouverture ou trop plein pour l'écoulement de la colle lorsqu'elle est exposée à déborder par l'effet du boursoufflement.

Du galipot peut être ajouté à la colophane lorsque celle-ci est reconnue trop sèche.

Pour enlever une grande portion de la matière colorante de la résine, on augmente la proportion de soude et d'eau; par le refroidissement et le repos, la colle produite se sépare en deux matières : l'une molle, d'un jaune pâle; l'autre liquide, brune et très-alcaline; par la décantation, on sépare

l'une de l'autre, on colle avec la substance solide et l'on fait rentrer la liqueur brune dans la fabrication d'une colle inférieure, ou on la caustifie par la chaux pour s'en servir au lessivage. On a reconnu, par expérience, que la colle préparée longtemps d'avance est d'un meilleur emploi que la colle récemment fabriquée.

Quand on procède à l'encollage du papier, on dissout la colle dans un cuvier d'eau bouillante; on laisse reposer, on décante dans un cuvier inférieur et on passe en même temps au tamis de laine. Dans un grand nombre de fabriques, on saisit ce moment où la colle filtrée est encore très-chaude pour y faire crever de la fécule délayée d'avance à l'eau tiède; d'autres préfèrent cuire la fécule à part, pour être plus maîtres d'en augmenter la dose.

La dissolution prête est versée lentement dans la pile raffineuse et spatulée; cinq minutes après, la dissolution d'alun étant ajoutée, l'encollage est effectué.

Soient les dissolutions préparées sur 100 parties comme suit :

10 colle.	10 alun.
90 eau.	90 eau.

Pour coller 100 kilog de pâte, on prend 40 litres de colle et ensuite 40 litres d'eau alunée, ce qui équivaut à 4 kilog. de colle et 4 kilog. d'alun, quantité suffisante avec des eaux de bonne qualité et pour des papiers de force moyenne; cette dose sera forcément de beaucoup augmentée dans les eaux calcaires. L'encollage ainsi opéré laisse dans le papier 33 pour 100 des matières solides employées; il augmente le poids produit en papier de 3 pour 100 environ, tandis que la colle animale lui rend 6 pour 100 au moins.

Le sulfate d'alumine est substitué avec quelque économie à l'alun; on l'emploie ordinairement dans le rapport approché de 2 1/2 pour 4 d'alun, car il contient plus ou moins d'eau; rarement il est exempt de fer.

Si l'alun est reconnu légèrement ferrugineux, l'addition d'une quantité convenable de prussiate de potasse entraîne le fer sous la forme d'un précipité de bleu de Prusse; si la proportion était considérable, il faudrait renoncer à son emploi dans les papiers blancs ou teints en couleurs végétales tendres.

Quant à la fécule, elle doit être parfaitement blanche et pure; sous ce rapport, la fécule verte offre plus de chances de propreté que celle qui est sèche; en tous cas on la tamise dans l'eau sur une toile métallique fine, afin d'être assuré de sa parfaite division; le moindre grumeau ferait tache dans le papier. Quand on cuit avec la colle, on ne peut dépasser 10 kilog pour 10 kilog. de colle, et, cuite à part, la pâte pourra en être chargée sans inconvénient grave jusqu'à 6 p. 100. La gelée de fécule doit conserver un ton opalin; lorsqu'elle est parfaitement transparente, elle est trop cuite et fait coller le papier sur les cylindres sécheurs.

La fécule rapproche et unit les fibres du papier, elle le rend plus dense, plus ferme et moins spongieux; la résine, combinée à l'alumine, lui donne seule la propriété hydrofuge.

Les eaux séléniteuses sont un obstacle à la résine de l'encollage; les sels de chaux et quelques autres en présence du savon résineux échangent leurs acides et leurs bases, et donnent pour produit un précipité non collant qui ternit la blancheur du papier et augmente les difficultés ultérieures de la fabrication; dans ce cas, nous conseillons de verser l'alun en premier dans la pile, on évitera une petite perte de colle, puis l'embarras du boursouflement de la pâte, quelquefois si considérable qu'elle ne tourne plus dans la pile. L'emploi d'une dissolution de verre soluble (silicate de soude) nous semble offrir le réactif le plus propre à transformer les sels contenus dans les eaux douces en des composés incolores et sans action sur la colle résineuse comme sur les matières colorantes. Il arrive parfois à la colle de donner lieu à une grande production de mousse : la cause peut en être attribuée à la colle elle-même qui n'est pas assez cuite ou trop nouvelle faite, aux défilés mal élavés, à certaines couleurs dont on a teint la pâte, et enfin à la nature des eaux; lorsqu'on ne peut écarter la cause, on remédie par l'addition dans la pile de quelques grammes d'huile d'œillette ou par quelques décilitres de lait, remèdes dont il faut le plus possible s'abstenir de faire usage.

Coloration des pâtes. — Les limites de cet article nous interdisent de traiter ce sujet avec tout le développement désirable, vu la multiplicité de détails dont il y aurait à le charger; nous nommerons seulement ici les couleurs dont l'emploi est le plus fréquent. Quant aux chiffres de dosage, ils doivent être pris pour guide et non comme termes absolus; le degré de pureté des produits de l'industrie, et la richesse de ceux qu'offre la nature est bien loin d'être invariable, c'est donc au fabricant à faire un essai préparatoire, afin de s'assurer qu'il n'y a pas excès d'une substance sur une autre, quand elles doivent entrer en combinaison; excès qui est toujours une perte réelle, lors même qu'il ne porte point de trouble dans la fabrication.

Bleu. — Bleu de Prusse. — Il s'obtient par 95 de sulfate de fer et 100 de prussiate de potasse; sa teinte varie du bleu verdâtre au bleu violacé, selon son degré d'oxygénation. Si le sulfate de fer ne contient pas de cuivre et que le précipité se fasse au sein d'une liqueur acide et ensuite parfaitement lavé, la vivacité et la pureté de la teinte en sera augmentée. — *Voy.* Bleu de Prusse.

Bleu au bois d'Inde. — 6 de sulfate de cuivre; 100 de bois d'Inde en copeaux.

Bleu de cobalt, pulvérulent d'un grand éclat, inatérable. Il suffit, au moment de s'en servir, de le délayer dans l'eau et de le passer à un tamis fin.

Bleu d'outre-mer ou *bleu Guimet*, plus riche

que le précédent, également en poudre, moins dense, décomposable par les acides : ces deux espèces de bleu sont surtout consacrées à l'azurage des pâtes blanches de belle qualité. — *Voy.* OUTRE-MER.

Jaune. — Chromate de plomb. — S'obtient par 40 de bichromate de potasse et 100 d'acétate de plomb. Lorsqu'on verse la dissolution de bichromate dans celle d'acétate, on obtient la nuance citron; si, au contraire, c'est l'acétate qui est versé dans le bichromate, il en résulte un jaune bouton d'or.

Rouge et *Rose.*— Les bois de Sainte-Marthe de Fernambouc sont employés dans le rapport approché de 100 avec 5 de sel d'étain, ou, ce qui est préférable, avec une dissolution de 2 d'étain pur faite dans un mélange de 6 d'eau, 6 d'acide nitrique et 3 d'acide hydrochlorique, en ayant soin d'éviter l'échauffement pendant la dissolution. Le tannin que contiennent tous les bois de teinture doit être préalablement isolé au moyen de l'addition de 1 kilogr. environ de gélatine : négliger cette précaution serait exposer la couleur à noircir en présence de la plus petite quantité de fer.

Vert. — Mélange de bleu de Prusse verdâtre et de *chromate de plomb jaune citron.*

Violet. — Bois de Campêche et alun.

Lilas. Bois de Campêche et sel d'étain. L'addition de lait écrémé à la décoction en sépare une matière colorante fauve que l'on retient par la filtration : on obtient ainsi une nuance plus fraîche.

Jaune chamois. — S'obtient par 85 de sulfate de fer et 100 de cristaux de soude; puis dissolution aqueuse de chlore en suffisante quantité pour faire tourner la couleur du vert en jaune; pour les papiers communs, on emploie l'ocre jaune.

Par l'azurage, on n'a pas toujours pour objet de colorer légèrement au bleu, mais, le plus souvent, de masquer un défaut de blancheur par l'addition d'une teinte complémentaire. Le ton à corriger étant communément jaunâtre, on a recours, pour le faire disparaître, au bleu ou au violet; lorsque la proportion n'en est pas excédante, le papier demeure blanc mat; si elle la dépasse, il est dit azuré.

Le rose de Fernambouc, le lilas de Campêche et le bleu de Prusse servent pour l'azurage des pâtes blanches ordinaires; les bleus de cobalt et d'outre-mer, pour les qualités supérieures. Le cobalt présente l'inconvénient de se déposer sur le revers de la feuille, et de donner ainsi un azur plus intense sur une face que sur l'autre; il est particulièrement employé, lorsqu'on doit encoller à la gélatine. Le second a plus de feu et ne se dépose pas sensiblement; mais il est peu stable et se décolore, si l'eau dans laquelle on travaille n'est pas pure de chlore, d'acide ou d'un excès de sel acide, tel que l'alun. Pour un azurage léger, on compte 3 kilogr. de bleu de cobalt, ou 1 kilogr. de bleu d'outremer, pour 100 kilogr. de papier.

L'azur se met dans la pile après l'encollage; le même ordre est généralement suivi pour les autres colorations.

Les papiers de couleur, collés à la gélatine et séchés à l'air, sont d'un ton plus éclatant et plus frais que ceux collés à la résine et séchés à la machine. On doit remarquer aussi que le satinage, ou apprêt à la lisse, fonce les teintes.

Machine à fabriquer le papier continu.—La pâte convenablement préparée étant réunie dans un grand cuvier placé en tête de la machine, on la fait arriver par un robinet ou un appareil régulateur, dont on règle la dépense en raison des besoins, dans le premier compartiment de la cuve à ouvrage ou vat, doublée de zinc, dans laquelle tourne un agitateur qui mêle la pâte avec l'eau versée par le robinet; quatre vannettes la distribuent sur un épurateur composé d'un cadre en cuivre à quatre compartiments contenant quatre autres cadres ou tamis également en cuivre; un mouvement oscillatoire est imprimé à l'épurateur par une roue à rochet. Cet épurateur retient les boutons, et laisse passer la pâte au travers du tamis dans un second compartiment, où elle est de nouveau remuée par l'agitateur; de là elle passe par une vanne, dont l'ouverture est réglée; elle traverse ensuite plusieurs coulisses, qui l'obligent à s'étendre en largeur, et arrive dans une grande caisse où elle dépose le gravier dont elle peut être chargée; de là, maintenue à droite et à gauche par des règles, elle se répand sur une toile métallique, portée, dans une partie de sa course, sur de petits cylindres en cuivre engagés, par leurs tourillons, dans les règles qui maintiennent la pâte. L'ensemble de la toile et des rouleaux est ce qu'on appelle la forme ou la *table de fabrication.*

La toile métallique, tendue par des rouleaux et passant sur un cylindre de renvoi, a une marche constante comme une corde sans fin; elle éprouve, pendant son parcours, un mouvement latéral très-rapide de va-et-vient, qui lui est imprimé par un cadre en fonte auquel elle est attachée. Ce cadre porté par des pieds mobiles dans le sens latéral de la machine, sur des axes ou goupilles, est mû par un levier. Le mouvement oscillatoire qu'éprouve la toile feutre le papier, et remplace le travail du plongeur ou ouvreur.

Pour déterminer la largeur qu'on veut donner à la nappe de pâte, on emploie deux règles; leur plus grand écartement est, dans la plupart des tables, de 1^m40; les petites poulies en cuivre qu'elles portent guident une courroie sans fin en cuir ou en tissus et caoutchouc de 2 centimètres d'épaisseur, appelée aussi *couverte.* Cette courroie, qui marche avec la même vitesse que la toile métallique, a pour effet d'émarger la pâte humide dans son trajet sur les rouleaux; elle se nettoie en traversant une petite cuvette, où elle reçoit un jet d'eau par un tuyau. L'eau s'écoule de la cuvette par une goulotte.

La toile métallique entraîne la pâte en

égalisant son épaisseur, et laissant, pendant sa marche, passer à travers les mailles et s'égoutter, dans une cuvette plate portée par des pieds en fonte et placée au-dessous, l'eau dans laquelle la pâte n'est que suspendue; cette cuvette a une légère inclinaison, afin que l'eau s'écoule par un conduit et retourne à la danaïde, qui la renvoie dans le réservoir supérieur. Une petite caisse est disposée à l'extrémité antérieure de la cuvette; un tuyau y amène de l'eau qui est chassée par une fente sur toute l'étendue du rouleau de tête ou de retour, et entraîne la pâte qui pourrait s'y attacher. La toile de retour, après avoir passé successivement sur les rouleaux de la forme et sur ceux qui la dirigent vers les presses, rencontre, en quittant les courroies, une caisse, sur laquelle elle glisse. Cette caisse, fixée au bâti et occupant toute la largeur de la machine, contient quatre petits rouleaux semblables aux premiers. Un vide de quelques centimètres de mercure s'y établit au moyen d'un aspirateur; l'idée de ce dispositif est due à M. de Canson; il consiste en une pompe pneumatique composée de trois cloches plongeant dans une cuve remplie d'eau, et mises en mouvement par un arbre à trois coudes formant manivelle. Un tuyau établit la communication entre la caisse et l'aspirateur (1). Cette opération a pour but de faire égoutter les pâtes grasses ou d'une épaisseur notable. En effet le papier, presque liquide, reçoit, en passant, la pression de l'atmosphère, qui force l'eau à traverser la toile métallique et à tomber dans une caisse inférieure, où elle s'échappe par un tube coudé. On évite ainsi les écrasés sous la presse humide, où le papier arrive après avoir passé sous le rouleau égoutteur, qui l'affermit et le prépare à cette première pression, en même temps qu'il fait couler l'eau qu'il pourrait encore contenir.

Le cylindre ou *rouleau égoutteur* composé de deux toiles métalliques superposées, de finesse de maille différente; la plus fine forme la circonférence extérieure; une raclette en bois, garnie de drap, en appuyant sur le cylindre, la nettoie.

La presse humide, ou première presse, est composée de deux cylindres en cuivre, revêtus chacun d'un manchon en feutre; le papier y est pressé et prend assez de consistance pour être abandonné un instant à lui-même dans le court trajet de ces cylindres au rouleau destiné à recevoir le papier. Cette pression est réglée par deux leviers portant chacun un poids. Une raclette en bois, le long de laquelle un tuyau jette de l'eau, nettoie ce cylindre.

Deux rouleaux diversement supportés servent, l'un à tendre le feutre dans le centre de sa longueur, à l'aide de règles, sur lesquelles les supports peuvent glisser et être fixés par une goupille au point convenable.

(1) Voir, pour le détail de cette machine, le Recueil de feu M. Leblanc.

La tension, suivant la largeur, s'obtient par les tirettes, composées de deux petits galets qui pincent la bordure en cuir du feutre.

La toile métallique, ayant déposé le papier sur le feutre, revient en glissant sur les rouleaux de tension; les jets d'eau partis des tuyaux criblés la débarrassent des particules de pâte dont elle serait restée chargée.

Le feutre coucheur, faisant suite à la presse humide, conduit le papier sous les cylindres en fonte de la deuxième presse. Ces cylindres, montés dans une cage, sont serrés l'un contre l'autre par une vis. Une raclette en fonte, composée d'une lame mince pincée fortement entre une règle en fer et le corps de la racle, et fixée par des vis, nettoie le cylindre supérieur.

Le papier est pressé entre ces cylindres, à nu d'un côté, tandis que de l'autre il repose sur le feutre; celui-ci lui fait faire encore un court trajet, puis il l'abandonne pour le laisser passer sur deux nouveaux cylindres; après quoi, il est saisi par le feutre qui le conduit entre les cylindres en fonte de la troisième presse, où il subit la même opération que précédemment, mais en sens inverse, afin de lui ôter l'envers que lui a laissé la deuxième presse.

Ces cylindres sont montés dans une cage; le cylindre supérieur est serré contre le cylindre inférieur par une vis; une raclette, semblable à celle des cylindres de la deuxième presse, le nettoie. L'eau qui s'égoutte du papier par l'effet de la pression tombe dans une cuvette; il y en a une semblable sous la deuxième presse.

En sortant de la troisième presse, le papier passe sur des rouleaux en cuivre, et arrive sur le premier cylindre sécheur en fonte, dans lequel la vapeur introduite par un tuyau parcourt l'intérieur du cylindre, l'échauffe, et s'échappe en partie, condensée par un tuyau plongeant, qui, avec le précédent, fait partie de la même pièce qui pénètre dans le cylindre par l'orifice ouvert au centre de l'un de ses tourillons; un robinet adapté à chaque cylindre règle l'entrée de la vapeur.

Un feutre épais et d'un lainage fin, passant sur des rouleaux, presse le papier contre la paroi extérieure du cylindre. En quittant ce cylindre, il suit la marche du feutre pour l'amener à un autre séchoir, également chauffé par la vapeur, dont il parcourt les trois quarts de la circonférence et y subit la même opération que sur le premier séchoir; au moment d'en sortir, il rencontre le cylindre apprêteur, qui lui donne un premier apprêt d'un côté.

Après avoir éprouvé la chaleur des cylindres sécheurs, le papier remonte jusqu'à d'autres rouleaux, d'où il descend pour venir recevoir entre deux nouveaux cylindres, également en fonte, chauffés par la vapeur, un deuxième apprêt ou satinage, du côté opposé au premier. En quittant le cylindre, le papier passe sur un rouleau, et vient enfin s'enrouler sur les dévidoirs, composés d'une couronne et de broches à équerre maintenues

en place chacune par une vis de pression. Le quatrième cylindre sécheur, sèche le feutre, ou bien encore le papier.

Le premier dévidoir étant suffisamment chargé de papier (60 à 80 épaisseurs), on coupe la feuille, on fait basculer le levier, et le second dévidoir vient occuper la place du premier; le bout du papier coupé est posé sur un des liteaux de ce dévidoir, et l'y accompagne jusqu'à ce qu'il ait fait un tour.

Les épaisseurs de papier sont divisées transversalement et d'un seul coup, et ensuite portées sur des tables à rainures, où le papier est de nouveau coupé suivant les besoins du format.

La machine entière absorbe une force évaluée à trois chevaux; elle peut être considérée formée de trois parties bien distinctes par ses fonctions, et par les vitesses différentes qu'il est utile d'imprimer à chacune d'elles en particulier; on en concevra la raison, si l'on songe à l'allongement que le papier humide doit éprouver par le moindre effort de traction. De là résulte l'obligation de faire marcher la deuxième presse plus vite que la presse humide, la troisième presse un peu plus vite que la deuxième, et les sécheurs à très-peu près comme la troisième presse : ces divers mouvements sont rendus variables par des transmissions par poulies extensibles.

Plus le papier est mince, plus son étoffe s'étend, et plus, par conséquent, l'accroissement de vitesse relative devient nécessaire. Si cet appel est insuffisant, il se produit des fronces qui font pli en passant sous les pressions et dans les sécheurs; s'il y a excès de tirage, il y a rupture fréquente de la feuille. Les papiers de force moyenne s'allongent ainsi de plus d'un vingtième depuis la table de fabrication jusqu'aux sécheurs, et ils perdent en largeur par la dessication un soixantième environ. Les papiers minces doivent se fabriquer vite, c'est-à-dire à raison de 15 à 20 mètres de longueur par minute : il n'y a pas avantage réel à dépasser ce terme; et les papiers forts entre 5 et 8 mètres : on est arrêté ici par la difficulté de sécher la feuille, et d'exprimer rapidement l'eau au moment où elle se forme. Cependant, en chauffant l'eau, on en augmente la fluidité; la pâte semble perdre alors, en grande partie, sa propriété spongieuse. A cet effet, un tube de vapeur dirigé sur le vat plonge dans la pâte qu'il contient.

La dessication du papier doit être conduite avec un grand soin; celui qui est imparfaitement sec est mou, godé et rugueux; celui qui l'est trop est crispé, plissé, cassant et mal apprêté. La chaleur doit être graduée, en augmentant son intensité du premier cylindre sécheur au dernier. Il y aurait lieu, à cette occasion, de rechercher l'origine des mal-façons de la fabrication à la machine, et de les accompagner des moyens de les prévenir ou d'y remédier; mais les causes qui ont leur siége dans la machine elle-même, et celles dont l'origine est dans la pâte, sont nombreuses, et se combinent si diversement entre elles, qu'elles créent une série que, à notre regret, nous devons nous abstenir d'aborder. Du reste, il faut le dire, en pareille matière, quelle que soit l'excellence des préceptes, la mobilité des circonstances, l'imprévu, les rendront insuffisants ; une pratique éclairée obvie seule à cet ordre de difficultés.

Cassés, rognures. — On entend par cassés le papier déchiré accidentellement pendant le travail de la machine, soit sec, soit humide, devenu par là impropre à figurer dans le produit en bon de la fabrication; il en est de même pour les rognures quant au résultat; seulement elles tombent par la coupe du papier, lorsqu'on affranchit les rives ou lisières de la feuille, ainsi que le biseau formé transversalement par le contour du dévidoir. La proportion de ces dernières au papier est ordinairement de 6 pour 100; on réduit à près de moitié ce chiffre, en employant une machine spéciale qui coupe le papier en long et en travers d'une manière continue. Cette disposition, adoptée en Angleterre, donne de bons résultats.

Les cassés et rognures sans colle, recueillis avec la plus grande propreté possible, sont reportés par portions à la pile raffineuse pour y être battus et tranformés de nouveau en pâte ouvrable; quant à ceux qui sont collés, ils sont trempés et parfaitement brassés à l'eau bouillante avant d'être envoyés au cylindre. Il est souvent préférable de ne faire resservir ces débris que dans une pâte qui soit un peu inférieure en beauté, car ils reproduisent toujours un papier moins pur et plus terne.

Salle d'apprêt. — Les papiers fabriqués et coupés sont immédiatement transportés dans cet atelier pour y être visités et classés. S'ils sont sans colle et destinés à la gélatine, on leur donne cet encollage après un premier choix et un épluchage, dans lequel on doit s'appliquer à ne laisser aucun bouton, et, ainsi que les papiers sans colle ou collés à la résine, ils rentrent à la salle pour y recevoir la dernière façon qui les rend livrables au commerce. La nature de ces dernières préparations peut se résumer à peu près ainsi et dans l'ordre suivant : le papier est épluché, c'est-à-dire que les boutons de pâte que l'épurateur n'a pu arrêter sont enlevés à l'aide d'un grattoir, et, au fur et à mesure, chaque feuille est classée en raison des légères imperfections qu'elle peut accuser. Cette répartition se fait en trois choix, au plus, de papier vendable; vient ensuite le choix des utilisés, qui portent un défaut qui les ferait rejeter aux rognures, s'il n'était disposé de façon à disparaître dans la recoupe d'une réduction de format, et enfin, les cassés, feuilles trop incomplètes ou trop défectueuses pour qu'on en puisse tirer parti autrement que par la refonte. Les premier, deuxième et troisième choix sont mis en presse, à plat, par poignées de 500 à 1000 feuilles entre des plateaux de bois ou de carton, puis soumis à un nouvel examen ou

simplement échangés. L'échangeage a pour but de donner de l'uniformité au grain du papier, en changeant la disposition des feuilles les unes à l'égard des autres pour établir le contact entre des points différents: on remet en presse. L'épluchage, l'échangeage et la pressée sont répétés plusieurs fois, si la qualité du papier l'exige; et, dans le cas où il serait irrégulier d'épaisseur ou de nuance, il est, en outre, rassorti selon ces deux conditions; enfin, il est compté par cahiers ou par mains réunies en rame, et mis encore sous presse avant d'être couvert d'une maculature ou enveloppe.

Les apprêts à la presse font disparaître les rugosités du papier sans effacer le grain de son étoffe; la lisse, à son tour, a pour objet d'en faire disparaître le grain. L'emploi de cette dernière machine est restreint à certaines sortes de papiers; c'est un laminoir à deux cylindres en fonte dure, d'une cylindricité rigoureuse; l'un des deux reçoit le mouvement, et commande à l'autre seulement par le fait du travail. Pour pratiquer le lissage, on intercale, entre des feuilles de carton ou de métal, les feuilles de papier à apprêter, de sorte que chacune d'elles touche par ses deux surfaces aux surfaces de deux cartons; un certain nombre de feuilles ou jeu, ainsi disposé, est engagé d'un côté de la lisse entre les deux cylindres, qui le restituent de l'autre, après lui avoir fait subir une pression considérable. Les cartons spécialement destinés à cet usage doivent être lisses, d'égale épaisseur dans toute leur étendue, souples, inextensibles, minces, et très-résistants. Les feuilles métalliques sont d'acier, de zinc ou de cuivre; mieux que les cartons, elles doivent posséder les qualités que l'on recherche dans ceux-ci; il les faut exemptes de gerçures, soufflures et d'ondulations qui détruiraient la rectitude de leurs surfaces.

Le papier est dit lissé, satiné, glacé, en raison de l'aspect qu'il présente à la suite d'une pression plus ou moins énergique; lissé, il est un peu plus uni, plus lisse qu'apprêté à la presse; satiné, il est doux au toucher, un peu brillant, sans avoir acquis de transparence; glacé, il est glissant au toucher, brillant, d'une plus grande transparence. Le lissage et le satinage s'obtiennent avec les cartons; mais le glaçage ne peut s'opérer qu'avec les feuilles de cuivre, etc.

Il est évident que le nombre de feuilles, leur surface, et le temps qu'elles mettront à passer entre les cylindres, seront autant de causes qui modifieront l'effet produit par une pression donnée. Les jeux sont ordinairement d'une main ou 25 feuilles; pour obtenir le satinage, on les passe au moins deux fois à la lisse.

La force dépensée dans les diverses circonstances de travail est extrêmement variable, comme limites extrêmes; nous prendrons un demi-cheval et trois chevaux.

La pression qui, dans la plupart des lisses, s'exerce à l'aide de vis, a cela de défectueux, que, comme résistance à point fixe et insurmontable, elle n'est point égale sur toutes les parties du jeu, dont l'épaisseur ne peut être rigoureusement uniforme. Il résulte de là que, lorsqu'il s'agit de produire une forte pression, pour glacer, par exemple, les feuilles métalliques éprouvent un laminage inégal, se gondolent et se plissent en peu de temps. En substituant aux vis l'effort constant de leviers chargés de poids, ce grave inconvénient disparaît. Une disposition particulière apportée au mouvement et à l'embrayage, qui commande la lisse, permet le renversement du mouvement rapidement et sans secousses, de telle sorte que le jeu en travail, n'étant pas dessaisi par les cylindres, peut passer et repasser un nombre de fois pair, en faisant son entrée et sa sortie par le même côté, et n'exiger ainsi que le service d'un seul ouvrier.

Fabrication du papier à la main. — Malgré le bas prix, l'abondance et la beauté des produits de machine, le commerce a dû réserver une place distinguée à quelques papiers de cuve, qui jusqu'à présent satisfont seuls aux exigences de certaines consommations. Nous ne croyons donc pas pouvoir nous dispenser de rappeler, au moins succinctement, la marche que l'on suivait dans le travail dit à la main ou à la forme; ce travail ne s'est modifié essentiellement que par la préparation des pâtes, qui est en tout semblable à celle adoptée pour la machine; la mise en œuvre est demeurée exactement la même que ce qu'elle était autrefois

Avant l'introduction des piles de cylindre, connues en Hollande dès le milieu du dix-huitième siècle, la trituration s'opérait à l'aide de pilons ou maillets; pour favoriser l'action peu puissante de ceux-ci, on avait été conduit à faire subir aux chiffons un degré de fermentation suffisant pour les attendrir, sans porter trop de préjudice à la solidité du papier.

Les chiffons, étant coupés et choisis, sont mouillés et mis en tas dans un lieu nommé pourrissoir; en peu de jours, la fermentation putride se développe au sein de cette masse avec production considérable de chaleur; le tas est retourné de temps à autre, afin de régulariser et de modérer l'effet de la fermentation. Selon le papier à fabriquer, la qualité du chiffon et la température du lieu, cette opération dure de 5 à 20 jours

Du pourrissoir, le chiffon est transporté aux piles de maillets qui ont pour fonction, ainsi que nous l'avons vu pour les cylindres, de détruire ses tissus, de lui enlever les impuretés dont il est souillé et de l'amener à l'état de pâte parfaite. La pile de maillets est une cuvette en bois ou en pierre deux fois aussi longue que large; le fond est garni d'une masse métallique ou platine, laquelle reçoit le choc de trois ou quatre maillets ferrés, placés de front; ces maillets sont mis en mouvement par un arbre horizontal armé de cames qui les

soulève et les laisse retomber, en commençant par une extrémité du rang et finissant par l'autre. Cette chute successive produit un déplacement dans la matière en trituration, qui la pousse constamment dans le même sens et y détermine un mouvement de circonvolution que l'on favorise encore par la forme particulière donnée aux contours intérieurs de la cuvette. La pile est alimentée d'eau par un robinet à eau claire, tandis que l'eau salie a sa sortie sur le côté par un cas ou châssis garni de toile de crin ou de tissu en fils métalliques; à fleur du fond est aussi un grillage nommé épierrier ou sablier qui retient les corps lourds déposés par la pâte. Le défilage terminé, les maillets sont soustraits au mouvement du moteur, la pile est vidée et son contenu transporté dans une autre pile du même genre, mais disposée pour en effectuer le raffinage. Ces appareils ont le grave inconvénient de ne donner qu'un effectif de travail utile très-faible, d'occuper un grand emplacement et d'obliger à de fréquents transports de pâte, aussi n'en conserve-t-on l'usage que pour quelques emplois particuliers; ils sont donc presque totalement remplacés par la pile à cylindre. Celle-ci fut adoptée d'abord en France, puis en Angleterre; le produit de son travail est estimé quadruple de celui des maillets; l'énergie d'action du cylindre a conduit naturellement à la suppression du pourrissage des chiffons, opération embarrassante, altérant la solidité et la blancheur du ligneux, occasionnant surtout beaucoup de déchet.

La pâte raffinée est transportée à la cuve à ouvrer, où elle est délayée dans une quantité convenable d'eau; cette cuve est en pierre, en cuivre ou en bois; elle a environ 1m50 de côté sur 1m10 de profondeur; au-dessus, et portée par les bords opposés, est une planche nommée trapan, qui est garnie de fils de cuivre dans le sens de sa longueur pour faciliter le glissement de la forme. Sur le côté, à gauche de l'ouvreur, est une planchette fixée d'un bout au trapan et de l'autre au bord de la cuve; une petite pièce de bois en forme de crémaillère, nommée égouttoir, y est fixée verticalement; l'intérieur de la cuve est disposé de manière à en échauffer la pâte. On conçoit qu'il est aisé d'appliquer ici certaines parties qui figurent dans la machine, comme agitateur, régulateur de la pâte, épurateur, départ d'eau excédante, etc.

La forme est un cadre ou châssis soigneusement assemblé aux angles, maintenu par des petites traverses de bois léger appelé pontuseaux; ceux-ci sont disposés parallèlement entre eux et au petit côté de la forme, leurs arêtes supérieures forment un même plan avec les bords du cadre, ils servent de point d'appui à des fils métalliques qui couvrent toute l'étendue de la forme; ces derniers sont disposés en long, de 8 à 15 fils par centimètre, et arrêtés aux pontuseaux par un fil plus fin; cet assemblage prend le nom de vergeuse, et la trace qui est laissée sur le papier le fait distinguer par le nom de papier vergé. La marque du format ou du fabricant est figurée par d'autres fils de cuivre auxquels on donne le nom de filigranes. Le papier vélin est fait à l'aide d'une forme couverte d'une toile métallique de 25 à 55 fils par centimètre, ils sont alors assez fins pour ne causer aucune trace sensible dans l'épaisseur de la feuille. Ce procédé était connu en Angleterre depuis 1757; il avait pour objet d'imiter le grain et certaines apparences du vélin en parchemin de peau de veau. Maintenant que le travail des machines donne constamment ce résultat, ou tente d'imiter, au moyen de toiles particulières, les papiers vergés de cuve. Quel que soit, du reste, le tissu, un cadre mobile appelé frisquette ou couverte s'applique exactement sur les bords de la forme, dont la hauteur, conjointement avec le plus ou moins de liquidité de la pâte, détermine l'épaisseur de la feuille de papier et dont les autres dimensions règlent la longueur et la largeur.

Le service d'une cuve se fait avec une paire de formes. L'ouvrier, qu'on appelle l'ouvreur ou puiseur, ayant posé la couverte sur la forme, la tient verticalement et la plonge à moitié dans la matière délayée, et la tournant pour arriver à la position horizontale, il la couvre entièrement de pâte, la retire dans cette position et lui imprime divers mouvements saccadés et de balancement; ce tour de main demande une grande habitude de maniement : il a pour but de lier entre eux les filaments qui constituent la pâte et d'en opérer la distribution avec uniformité. L'ouvreur, ayant fait égoutter légèrement sa feuille, pousse sa forme le long de la planchette après avoir enlevé la couverte et la pose sur l'autre forme pour commencer une nouvelle feuille. En même temps, un autre ouvrier, le coucheur, placé à la gauche et en regard de l'ouvreur, reçoit la forme et la dresse contre l'égouttoir; pendant qu'elle achève de s'égoutter, il tend à plat devant lui un flotre ou feutre, puis enlevant la forme de la main gauche il la renverse sur le feutre et l'y appuie, la feuille se détache de la forme et reste sur le feutre; de la main droite, il renvoie la forme sur le trépan, laquelle est de nouveau reprise par l'ouvreur. Le coucheur continue à déposer sur la première feuille un second feutre et sur celui-ci une feuille de papier. Ces deux ouvriers procèdent ainsi simultanément, se passant tour à tour une forme chargée de pâte et une forme vide, jusqu'à ce que les feuilles couchées entre les feutres aient atteint le nombre convenu pour former une porse; on porte le tout sous une presse pour en faire sortir le plus possible d'eau. Un troisième ouvrier, appelé leveur, sépare les feutres des feuilles; d'un côté, il place celles-ci les unes sur les autres entre deux plateaux; de l'autre, les feutres sont empilés et renvoyés au coucheur qui peut en reprendre immédiatement posses-

fron ; à la fin de la journée, tout le papier ainsi préparé étant réuni est soumis à une pression modérée et exercée par intervalle pour en exprimer l'eau. On procède au relevage, qui consiste à échanger les feuilles les unes après les autres pour faire disparaître le grain des feutres, et on remet sous presse avec plus de force, après quoi on les transporte à l'étendoir ou séchoir. Ces noms font assez connaître la destination du local ; il est occupé par des cordeaux tendus entre des traverses mobiles sur des poteaux convenablement distancés. Une ouvrière prend plusieurs feuilles à la fois qu'elle pose sur un frelet, instrument de bois en forme de T, les passe entre les cordes et les dépose sur une seule ; allant ainsi de proche en proche, elle garnit un certain nombre de cordeaux. Des volets très-multipliés sont disposés pour graduer les courants d'air dans toutes les expositions ; l'hiver un chauffage et une ventilation bien dirigée remplacent le séchage à l'air libre ; les feuilles étant sèches sont enlevées à la main ou au frelet et portées à la salle d'apprêt.

Passons maintenant à quelques opérations de détail.

Coupeuses de chiffons. — En parlant du coupage des chiffons, nous avons dit qu'il existait des machines qui opéraient ce travail après le choix ; ces machines sont, pour la plupart, des *hache-paille* très-peu modifiés; elles ne marchent bien qu'à la condition d'être d'une forte construction, à l'abri des vibrations et des dislocations causées par le choc des couteaux, car leur vitesse doit être au moins de 10 mètres par seconde. Un autre système, celui de cylindres à cisaille, coupe sans choc, mais il est plus sujet à l'engorgement par les chiffons. Les coupeuses, absorbant une force qui excède souvent celle de deux chevaux, peuvent couper en moyenne 500 kilos de chiffons par heure ; leur coupage est des plus inégaux, et, pour cette raison, fait faire un peu plus de déchet que le coupage à la main ; les chiffons s'en élavent moins bien et produisent un défilé moins régulier. Ces machines coupent beaucoup mieux les chiffons grossiers et durs que ceux qui sont fins et mous ; aussi, conseillons-nous leur emploi dans les fabrications qui s'alimentent de fortes toiles bises et de cordes, matières qu'il est si fatigant de couper à la main et qui ne réclament pas de soins particuliers.

Releveuses de pâte. — MM. Blanchet frères, de Rives, auxquels on doit les tambours laveurs, ont fait l'application du principe de la machine Ferdinand ou à forme ronde au relevage des pâtes perdues pendant le lavage des défilés et le travail de la machine à papier. Cette machine, fort simple et peu embarrassante, fonctionne sans surveillance ; c'est un tambour revêtu de toile métallique fine, tournant sur son axe, faisant office de filtre, continuellement nettoyé du dépôt filamenteux formé à sa surface, lequel est recueilli pendant le mouvement même. On retrouve de cette manière des pâtes très-courtes et grasses, qui, sans avoir la valeur de celles d'où elles tirent leur origine, peuvent trouver leur emploi, comme remplissage, dans des pâtes inférieures, surges et peu garnies.

Régulateurs. — La difficulté de fabriquer une partie de papier dont toutes les feuilles aient le même poids, réside dans le maniement du robinet de pâte, principalement toutes les fois qu'on veut suivre les causes perturbatrices du poids voulu, pour en neutraliser l'effet. Le régulateur substitué au robinet a pour objet de faire produire à la machine, sur une largeur donnée et avec une pâte de composition constante, un papier dont chaque feuille reste d'égal poids ou épaisseur, quelles que soient les variations de vitesse de la machine et de niveau dans le réservoir d'alimentation. Cet appareil, une fois réglé par un poids donné d'une rame ou d'une feuille, fonctionne de lui-même en délivrant des volumes de pâte proportionnels aux vitesses dont la machine est animée. Les régulateurs de pâte imaginés jusqu'à ce jour n'atteignent pas rigoureusement leur but, soit qu'ils exigent des soins trop minutieux de la part des ouvriers, soit qu'ils affectent une disposition mal appropriée au liquide empâté qui les traverse, et qui se dérobe aux lois ordinaires de l'hydrostatique. Il faut se garder de ceux qui peuvent rouler la pâte en petites pelotes, et de ceux dont le mouvement excite la production de mousse. Quoi qu'il en soit, nous croyons qu'il y a encore plus à compter sur la régularité quelque peu imparfaite de ces machines, que sur l'habileté et l'attention peu soutenue, et parfois impuissante, de l'ouvrier conducteur.

Epurateurs. — On a vu, dans la description des machines, que l'épurateur de M. Chapelle est divisé par paniers de bronze à fond refendu enchâssés dans un seul cadre, distribution qui permet le nettoyage complet pendant le travail même ; lorsqu'aux changements de pâte elle s'offre plus longue ou plus courte, le jeu de paniers est remplacé par un autre jeu dont les fentes sont plus ouvertes ou plus serrées. L'épurateur Donkin ne peut se nettoyer pendant la marche, mais il ne nécessite pas l'emploi de différents jeux de paniers lors des changements de pâte ; c'est une caisse de bronze formée d'un cadre et dont le fond est occupé uniquement par des barreaux mobiles également distancés entre eux par les épaisseurs de petites équerres bien calibrées, qui sont toutes remplacées par de plus épaisses ou de plus minces, suivant l'ouverture voulue des rainures. Les épurateurs disposés en cascade, c'est-à-dire déversant les uns dans les autres, du plus ouvert dans le plus serré, nous semblent, à tous égards, préférables à l'établissement sur un seul niveau ; ils sont moins sujets à déborder par suite d'engorgement, et, dans ce cas même, le mal est moins grave et plus réparable ; de plus, la pâte est tamisée à un

degré plus grand de finesse, et, à la rigueur, le nettoyage peut se faire en marchant.

Sablières. — Les sablières de la machine à papier sont des bassins d'une grande surface et peu profonds, placés sur le vat, soit après l'épurateur; ils sont occupés dans toute leur étendue par des lames de bronze, soutenues à une certaine distance du fond, disposées à la manière des lames d'une persienne dans un plan horizontal et transversalement à la machine. La pâte emplit ces bassins et parcourt avec lenteur toutes les lames, en les submergeant de quelques millimètres; la présence de ces lames, en brisant le courant direct, oblige la pâte à se mouvoir sur toute l'étendue du bassin, dans les couches voisines de la surface seulement. Il résulte de là que les corps plus lourds que la pâte, et qui ne sont maintenus en suspension que par l'agitation, se déposent au fond de la sablière, toutes les fois qu'ils entrent dans une couche à l'abri des courants et contre-courants. Par cette sorte de décantation, on réussit à retirer la presque totalité du sable inévitablement contenu dans la pâte, et même une quantité notable de boutons de pâte. Cet appareil est donc d'un excellent office; il devient indispensable dans une fabrication soignée; les grains de sable, tant fins soient-ils, criblent le papier lors du lissage, dépolissent et piquent les feuilles d'apprêtage, comme aussi les cylindres de la machine; ils sont très-nuisibles à la gravure en taille-douce, à la gravure sur bois, aux caractères typographiques, etc.

Rouleaux égoutteurs. — On fait maintenant des rouleaux égoutteurs à vergeurs, comme nous avons dit qu'on le pratiquait pour certaines toiles mécaniques sans fin, et cela uniquement pour simuler le papier de cuve non vélin. Nous verrions avec plaisir qu'on appliquât de préférence la propriété de déplacement de la toile et celle d'impression du rouleau, à l'indication autrement significative de la marque ou du nom du fabricant; nous ne ferions en cela que suivre l'exemple que nous offre cette partie de la fabrication anglaise, qui a tout intérêt à avouer ses produits.

Calandres. — Nous établirons une distinction de cette machine avec la lisse proprement dite, en ce que nous considérons la calandre fonctionnant à la suite et de continuité avec la machine, exerçant sur le papier une pression à sec ou à nu, c'est-à-dire sans l'intermédiaire de feutres, de cartons ou de feuilles métalliques, travail qui se réduit à un laminage entre deux cylindres ou plus. Une des calandres, que nous trouvons d'une manœuvre facile et d'un bon travail, consiste en trois cylindres dont les axes sont dans le même plan vertical; celui du milieu est chauffé comme les cylindres sécheurs par une introduction de vapeur; une communication de mouvement très-simple permet de mettre ces trois cylindres au rôdage toutes les fois qu'ils cessent de fonctionner pour l'apprêt du papier; de la sorte, la gravelure occasionnée par le sable est effacée avant qu'elle soit assez prononcée pour nuire au lissage du papier; ce dispositif pare à l'inconvénient le plus grave que présente l'usage de cette machine. Le calandrage s'est prêté à l'emploi d'une quantité considérable de machines de configurations diverses, fondées toutes sur le même principe, la pression ou le frottement, mais sans modifications essentielles dans les résultats.

Machines à couper le papier en long et en travers. — Nous avons reconnu, en parlant de la coupe du papier enroulé sur les dévidoirs, qu'il y avait toujours quelque chose à perdre par le biseau et la rognure transversale; la machine à couper, substituée aux dévidoirs, annule cette cause de perte; elle coupe le papier au fur et à mesure que la machine le produit; la dépendance qui résulte de sa position, apportant d'un autre côté quelques inconvénients, une autre disposition a été généralement adoptée; nous en offrons un exemple dans la machine suivante:

Lisse. — Une machine à lisser puissante, fonctionnant dans plusieurs papeteries d'Angleterre, a été, en octobre 1844, l'objet d'une prise de brevet d'importation de M. A. Brewer.

Production. — En établissant ce qui suit, pour résumer les facultés productrices du système de fabrication à la machine continue, le résultat est basé sur une donnée annuelle, considérant une machine qui travaillerait en moyenne 20 heures par jour, et produirait des sortes moyennes et belles : les chiffons employés sont supposés pris dans les beaux bis et blancs; 350,000 kilogrammes de chiffons rendent 250,000 kilogrammes de papiers collés et non collés, soit environ 40,000 rames assorties; le déchet, d'après cela, serait de 28 1/2 pour cent. Rappelons à cet égard que le papier sans colle peut porter ce chiffre à 30 pour cent, tandis que le papier collé le réduirait à 27 pour cent. Il n'est pas douteux que le déchet réel du chiffon ne puisse être réduit à 25 pour 100, et même au-dessous; mais en échange de cette épargne, il faudrait consentir à faire un sacrifice de temps, que les fabricants estiment, d'un autre point de vue économique, comme plus précieux encore.

Actuellement la France emploie 72,000,000 kilogrammes de chiffons par an, et fabrique 50,000,000 kilogrammes de papiers, tant de machine que de cuve; ce qui équivaut approximativement, pour les chiffons, à une valeur de 18,000,000 francs, et pour les papiers à 45,000,000 francs.

PAPIER DE SURETÉ. — La question du papier de sûreté intéresse au plus haut point et les particuliers et le gouvernement. Le gouvernement l'a mise plusieurs fois à l'étude, et les savants s'en sont gravement occupés.

Indiquons, avec le journal l'*Industrie* (1), les principaux besoins sociaux qui ont provoqué la création des papiers de sûreté,

(1) N° du 21 mars 1852.

nous dirons plus loin les moyens imaginés pour réaliser cette création.

« On comprend que tous les bancs de l'Académie, dit l'*Industrie*, ceux des naturalistes, comme ceux des mécaniciens, ceux des chimistes et des physiciens, et même ceux des astronomes et des médecins, aient prêté une oreille plus attentive que de coutume aux rapports des commissions qu'elle avait chargées de l'examen de cette délicate question de science et d'art.

« Et en effet, cet examen de tant d'inventions concourant au même but, renfermait des détails qui intéressaient particulièrement les mécaniciens, les chimistes, les physiciens, les naturalistes; et, en dehors de la question scientifique ou technologique, il y avait pour tous un intérêt social, et par conséquent un intérêt privé, un intérêt de famille dans cette discussion.

« Il s'agit de préserver de la contrefaçon ce papier-monnaie qui joue un rôle si important dans la société moderne, et qui, depuis la découverte des gisements d'or de la Californie, paraît appelé à une circulation bien autrement active. — Voy. PAPIER-MONNAIE.

« Il s'agit de préserver aussi de toute altération le papier de commerce et des grandes maisons de banque, qui représente un capital cent fois plus considérable que celui des banques publiques (1).

« Il s'agit aussi de rendre impossible toute altération des passeports, des testaments et de tous les actes en écriture privée ou publique.

« On le voit, ce sont là des questions dont la solution importe à tous, quel que soit leur rang dans la société. »

Nous allons maintenant, d'après le *Dictionnaire des arts et manufactures*, esquisser rapidement les principaux moyens qui ont été successivement proposés pour mettre les actes publics ou privés à l'abri du faux et de la contrefaçon.

Nous rappellerons d'abord que les papiers timbrés et les papiers de sûreté peuvent être soit altérés partiellement, soit contrefaits, soit enfin lavés au moyen de réactifs qui enlèvent l'écriture qui est à leur surface, afin de les faire servir de nouveau.

Le premier procédé que nous rappellerons est celui de M. Maugard, en date de 1791, consistant dans l'emploi d'un talon de sûreté imprimé d'une vignette à combinaisons et d'un timbre sec sur une surface marbrée. Ce talon de sûreté, disait l'inventeur, prévenait la création des billets faux; car il eût été impossible aux faussaires de faire raccorder les billets créés par eux avec les talons des billets véritables; il n'en est pas ainsi, puisqu'on pourrait actuellement contre-épreuver exactement ces billets, qui d'ailleurs n'offraient aucune garantie contre l'altération des sommes inscrites sur leur surface.

En 1818, M. G. Dorsay prit un brevet pour un papier de sûreté sensitif, qu'il fabriquait soit en mêlant dans la pâte du papier, alors qu'elle était en cuve, une certaine quantité de prussiate jaune de potasse, soit en immergeant, feuille à feuille, le papier fabriqué mais non collé, dans une dissolution de cette substance. Ce papier de sûreté, ainsi que tous ceux qui ont été fabriqués depuis sur le même principe, n'offre pas de garantie, car la chimie fournira toujours les moyens de faire disparaître les taches que les réactifs, employés pour détruire une phrase ou un corps d'écriture, auront fait paraître à la surface de ces papiers de sûreté.

Une première commission académique, dont M. Darcet était le rapporteur, examinant, sur la demande du garde des sceaux, la question des papiers de sûreté, présenta à l'Académie à ce sujet, en date du 6 juin 1831, un rapport par lequel elle rejetait tous les papiers de sûreté qui lui avaient été soumis, et proposait : 1° l'emploi d'une encre indélébile, composée d'encre de Chine délayée dans un mélange d'eau et d'acide hydrochlorique marquant 1° 1/2 B.; 2° l'impression sur 0m04 de largeur, au milieu de la feuille de papier, d'une vignette gravée au tour à guillocher sur un cylindre de cuivre, en ayant soin de faire usage, pour l'impression, d'encre ordinaire épaissie ou de boue d'encre; en limitant ainsi la surface de la vignette délébile à 0m04 au lieu d'en recommencer l'impression sur toute la surface de la feuille. La commission abandonnait ainsi la question du faux partiel pour ne s'attacher qu'au lavage du vieux papier timbré. D'un autre côté, on est parvenu récemment à transporter sur une pierre lithographique toutes les écritures délébiles et indélébiles, grasses ou non, par voie de transport lithographique proprement dit ou par voie photographique, de sorte que les conclusions de ce rapport n'ont plus actuellement aucune valeur, par suite des progrès qu'ont faits depuis les sciences appliquées à l'industrie.

En 1834, M. Mozard prit un brevet pour un nouveau papier de sûreté qu'il fabriquait, en imprimant une vignette encore délébile sur une feuille mince de papier encore humide et non terminée, et à recouvrir cette première feuille imprimée d'une seconde feuille de papier aussi fraîchement fabriquée; puis à cylindrer et à sécher ces deux feuilles juxtaposées. Ce papier présente un grave inconvénient, le décollage facile des deux feuilles; ce qui rend aisée toute espèce de faux partiels et généraux, ainsi que le blanchiment total. En outre, la disposition intérieure de la vignette délébile fait qu'elle n'est pas assez inaccessible aux agents chimiques employés par un faussaire adroit, et, d'un autre côté, le manque de pureté de la vignette de ce papier, ainsi que l'inégalité de sa teinte générale, constituent des vices radicaux au point de vue du faux partiel.

Une seconde commission, dont M. Dumas était rapporteur, s'occupant de nouveau de

(1) Voy. les divers articles statistiques de notre *Dictionnaire des erreurs sociales*.

la question des papiers de sûreté, sur la demande du ministre des finances, fit, le 23 février 1837, un rapport par lequel, rejetant tous les procédés qui lui avaient été soumis, elle proposait :

1° L'impression sur chaque face du papier d'un filigrane très-fin et indélébile.

2° L'impression d'une vignette délébile composée de figures géométriques très-petites, parfaitement identiques et manuellement inimitables.

Elle rappelait en même temps que le meilleur préservatif contre les falsifications d'écriture consiste dans l'emploi de l'encre de Chine acidulée.

Les moyens proposés par la commission, quoique offrant une garantie bien plus grande que tout ce qui avait été fait jusqu'alors, sont actuellement insuffisants dans l'état de la science.

Plus tard, en 1840, deux nouveaux inventeurs, MM. Zuber et Knecht, se présentèrent à un concours ouvert par une commission spéciale nommée par le ministre des finances.

Le papier présenté par M. Zuber était fait à la machine et imprimé, à la suite du premier cylindre sécheur, avec de l'encre délébile et des rouleaux en cuivre gravés à la molette, semblables à ceux dont se servent les fabricants d'indiennes.

Le papier de M. Knecht était fabriqué à la forme, imprimé à la presse lithographique de M. Perrot, et couvert d'une vignette gravée primitivement en creux sur une planche matrice, par la machine de M. Neubert puis contre-épreuvée sur pierre par les procédés connus en lithographie.

Sans nous arrêter à discuter les défauts de ces papiers de sûreté, ce qui nous exposerait à des redites, nous rappellerons seulement que la commission précitée, tout en déclarant que le problème n'était pas résolu, proposa à M. le ministre des finances de partager entre les concurrents déjà nommés et M. Deburge, qui présentait le papier Mozard, le prix de 60,000 francs voté par les Chambres.

Il ne nous reste plus qu'à parler du procédé proposé par M. Tissier, qui a étudié récemment avec le plus grand soin toutes les questions relatives aux papiers de sûreté, et qui est arrivé, selon nous, à une solution qui rend sinon impossible, du moins presque impraticable, toutes les espèces de faux partiels ou généraux, le lavage et tous les genres de contrefaçon, soit à l'aide des moyens ordinaires de la gravure, chimiques, manuels ou mécaniques, soit à l'aide des procédés lithographiques actuellement connus.

Les papiers de sûreté de M. Tissier sont couverts sur leurs deux faces d'une vignette imprimée typographiquement avec une encre délébile.

Les planches-matrices en taille-douce des vignettes sont perpétuées indéfiniment au moyen de transports et de sous-transports sur pierre, faits suivant les procédés ordinaires de la lithographie. Les planches d'impression typographique sont le résultat d'épreuves prises sur les sous-matrices lithographiques, contre-épreuvées sur des pierres de Munich, puis gravées en relief par le procédé particulier à M. Tissier (*Voy.* LITHOGRAPHIE) ou obtenues au moyen de la GALVANOPLASTIE (*Voy. ce mot*).

Les vignettes des planches-matrices en taille-douce sont composées de deux dessins créés séparément par des moyens reposant sur des principes opposés; le premier (destiné à prévenir la contrefaçon manuelle de la vignette dans les faux partiels, et la contre-épreuve sur pierre de cette même vignette par une charge faite à la plume et à l'encre lithographique) est composé d'éléments mathématiquement réguliers, identiques, bien visibles à l'œil nu, légèrement et symétriquement espacés, et gravés avec un diamant par une machine de précision; le second (ayant pour but d'empêcher la contrefaçon mécanique et photographique de la planche-matrice, et, par suite, le lavage) est composé d'éléments irréguliers, dissemblables, bien visibles seulement à la loupe, très-rapprochés, produits et distribués par le hasard, et entièrement à l'abri du calque et de l'imitation manuelle. Ces deux dessins sont juxtaposés, c'est-à-dire que les éléments irréguliers, microscopiques, remplissent les espaces réservés entre les éléments réguliers, visibles à l'œil nu, sans se confondre avec eux.

Enfin, pour mettre les papiers de sureté à l'abri de toute espèce de contrefaçons lithographiques, M. Tissier a eu l'heureuse idée d'imprimer deux fois toutes les feuilles de papier simultanément sur chaque face, avec des planches identiques : une première fois avec une encre blanche, qui donne une empreinte invisible; une deuxième fois avec une encre de couleur, qui donne une empreinte visible. Ces deux impressions, irrégulièrement superposées, sont faites avec deux encres résineuses délébiles, ayant à un égal degré la propriété de se transporter sur pierre, composées l'une et l'autre avec les mêmes substances, et ne différant entre elles que par une petite quantité d'encre usuelle sèche, ou mieux de gallate de fer, nécessaire pour colorer l'encre d'imprimerie de la vignette visible. Au moyen de cet ingénieux procédé, qui rend impossible le transport de la vignette visible sans celui de la vignette invisible, et qui constitue sans aucun doute un perfectionnement de la plus haute importance, les contre-épreuves sur pierre des papiers de sureté sont doubles et confuses, et ne peuvent être utilisées par les faussaires.

En dernier lieu, et pour rendre tout à fait impossible la contrefaçon des billets de banque, qui ont tant à redouter de la part des faussaires, à cause des fortes valeurs qu'ils représentent, et surtout par suite de l'invention récente de la photolithographie, qui offre dans beaucoup de cas des moyens de contrefaçons très-simples et tout à fait nou-

veaux, M. Tissier propose, pour les billets de banque :

1° D'imprimer, sur chaque face du papier, deux vignettes : une vignette de couleur pâle et une vignette noire superposée à la première ;

2° De ne jamais répéter les deux vignettes d'une des faces du billet avec les deux vignettes de l'autre face ;

3° D'imprimer deux fois, avec des planches identiques, la vignette de couleur couvrant les deux faces du billet ; une première fois avec de l'encre blanche, une seconde fois avec de l'encre teintée ;

4° De composer la vignette de couleur d'éléments réguliers, gravés avec un diamant par une machine de précision, et d'éléments irréguliers, dissemblables, microscopiques, produits et distribués par le hasard, comme dans les papiers de sûreté ordinaires ; seulement les éléments réguliers, au lieu d'être identiques et de se répéter à des distances déterminées, seraient tous dissemblables ;

Enfin, 5°, la vignette noire serait dans les conditions de la vignette actuelle de la Banque de France, et destinée au même usage ; seulement elle devrait être produite en partie avec le burin d'un graveur, et en partie avec une machine de précision, celle de Colas, par exemple.

Nous terminerons cet article par quelques mots sur la question des timbres.

Les papiers qui sont livrés au commerce par l'administration du timbre sont revêtus, en outre du filigrane placé au centre de chaque feuille, de deux timbres : un timbre sec et un timbre noir indélébile, imprimé en encre grasse. Ces deux timbres n'apportent, comme chacun le sait, dans l'état actuel des papiers timbrés, aucun empêchement à la falsification des actes publics ou privés et au lavage des papiers timbrés écrits ; de plus, le timbre gras se transporte aisément sur pierre. D'après ce que nous avons dit des papiers de sûreté, il conviendrait de remplacer le timbre gras par un timbre noir délébile appliqué, ainsi que le timbre sec, sur la vignette même du papier de sûreté qui serait adopté, afin d'obliger ainsi les blanchisseurs de papier timbré, non-seulement à la contrefaçon de la vignette de sûreté, mais encore à celle des timbres de l'État, fait qui, d'après nos lois pénales, est d'une gravité bien autrement importante que le simple lavage du papier timbré.

PAPIER-MONNAIE. — C'est, comme l'indique son nom, une monnaie en papier, ou plus exactement un papier représentant une valeur monétaire réalisable en métaux ou en marchandises. Comme agent des échanges, le papier offre d'immenses avantages sur les métaux précieux. Beaucoup plus léger, il est facilement transportable ; en outre, tandis que les métaux se tirent péniblement et en petite quantité des entrailles de la terre, on crée facilement du papier-monnaie pour les besoins d'un État, pour l'urgence du moment, et, quand l'état normal est rétabli, on peut le faire rentrer dans le néant. Mais en revanche, la différence entre sa valeur nominale ou de convention et sa valeur intrinsèque, à peu près nulle, rend ce signe monétaire beaucoup moins stable ; aussi jusqu'à présent le papier-monnaie n'est que le représentant de l'or. Peut-être une civilisation plus avancée lui donnera-t-elle un jour la fixité qui lui manque.

Lorsqu'en 1790, on agitait en France la question de la création des assignats, Cérutti s'exprimait en ces termes : « Le premier papier représentatif a été le papier de banque. D'abord, il représentait la remise d'une somme équivalente ; telles furent les banques de Gênes et d'Amsterdam. Ensuite il représenta une garantie valable, une caution mobilière et immeuble, telle fut la banque d'Angleterre. Enfin, il représenta une riche espérance et une promesse solennelle : tels furent la banque de Laws et le papier de l'Amérique septentrionale. Ces différentes représentations ont produit trois papiers différents, le papier infaillible, le papier probable et le papier incertain. » Dans l'état actuel, le papier-monnaie ne règne pas *sui juris*, mais seulement comme représentant de l'or. C'est de la vérité plus ou moins exacte de cette représentation que dépend la sûreté ou le danger de l'emploi du papier-monnaie. Si sa valeur demeure sans faiblir au niveau de la somme énoncée, les services qu'il rend sont quelquefois immenses ; il évite les frais et les risques du transport du numéraire ; il fait rentrer dans les industries qui en font usage une portion des métaux précieux, il augmente la somme des capitaux disponibles, et la circulation en devient plus active ; la facilité des entreprises commerciales, industrielles et agricoles en donne le goût, les travaux pour l'amélioration de la vie matérielle s'exécutent de toutes parts, et comme les produits du travail sont en définitive la seule vraie richesse, la prospérité publique s'accroît. Par le papier-monnaie on remédie, dans un État, à l'inattendu, on pourvoit aux besoins d'un présent difficile, et les charges qui en résultent, étendues sur une grande portion d'avenir et par là peu sensibles, dispensent d'un sacrifice trop rude. L'émission du papier-monnaie peut n'être pas bornée à une somme égale à celle qui existe en numéraire ; il suffit que l'or réponde immédiatement à l'appel du papier, qu'il vienne appuyer de son autorité celle de son représentant toutes les fois que sa présence est désirée. Ainsi, au commencement de l'établissement de la banque de Law, quoiqu'il eût émis en papier près de dix fois la valeur de ce qu'il avait dans ses coffres de métaux précieux comme garantie, tout était bien encore, dit M. Thiers, parce que ce papier était échangé à présentation contre du numéraire ; ce furent les opérations subséquentes de l'aventureux financier qui produisirent la défiance suivie de tant de désastres. Du temps de la jeunesse de Franklin, la ville de Philadelphie dut son accroisse-

ment rapide à une émission de papier-monnaie bien entendue, quoique relativement considérable, parce qu'elle répondait à des besoins réels et s'appuyait sur la confiance. Au contraire, lorsque Law eut mis du papier incertain sur la même ligne que le papier donné en échange de dépôts de valeurs, la dépréciation et le désordre suivirent de près. Dans la révolution, la valeur des biens nationaux excédait de beaucoup la somme représentée par les premières émissions d'assignats ; mais ces valeurs en forêts et en terres n'étaient ni facilement, ni promptement réalisables, ce qui est un point essentiel dans cette matière, on manquait de confiance dans la stabilité de l'ordre de choses établi dans l'Etat : aussi les assignats furent-ils bientôt tombés au-dessous de leur valeur nominale.

Le résultat ordinaire d'une trop grande émission de papier-monnaie, c'est sa dépréciation qui élève le prix nominal de toutes choses; l'absence d'une valeur réelle pour point de comparaison jette la perturbation dans les fortunes des particuliers, et souvent le désordre passe de là dans l'ordre politique. L'émission du papier-monnaie doit donc toujours être restreinte dans des limites telles que l'or paraisse en échange aussitôt qu'il en est besoin. La règle de cette émission n'a rien d'absolu. Pour le papier-monnaie national, c'est au législateur à approfondir les données de la question. La prudence n'exclut point une certaine hardiesse, seulement il faut un jugement sûr pour bien apprécier les circonstances dans lesquelles on est placé. Cette appréciation est quelquefois fort difficile; mais toutes les fois que la représentation des métaux précieux par le papier a été réelle, il a toujours rendu à l'Etat des services signalés (1).

Le savant M. Klaproth nous donne à son tour de précieux et curieux renseignements sur les premiers emplois du papier-monnaie, dans ses *Mémoires relatifs à la haute Asie*.

« Le célèbre voyageur Marco Polo de Venise est le premier qui ait fait connaître en Europe l'existence du papier-monnaie dont les Mongols, maîtres de la Chine, se servaient à cette époque.

« Ces mêmes Mongols l'introduisirent postérieurement en Perse, où leurs assignats *djaou* ou *djan*, mot évidemment dérivé du chinois *tchhaò*, qui désigne la même chose. Le caractère avec lequel on l'écrit est composé de *kin*, métal, et *chao*, pas, et il désigne *le manque du métal* (monnayé). Quand on le prononce *tchhaò*, il signifie *prendre par force, voler, s'emparer du bien d'autrui*.

« La circonstance que les Mongols, tant en Chine qu'en Perse, se servaient du papier-monnaie, a induit quelques auteurs à penser qu'ils en étaient les inventeurs, et le célèbre Schloelzer, de Gœttingue, a publié une dissertation sous ce titre : *Les Mongols inventeurs du papier-monnaie dans le* XIII*e siècle*. Cependant, le savant eût pu éviter d'émettre une assertion aussi hasardée, s'il avait lu l'*Histoire de Tchinghiz-khan et de la dynastie mongole en Chine*, composée, d'après les auteurs chinois, par le P. Gaubel et publiée en 1739, environ soixante ans avant le mémoire de M. Schloelzer. Dans cette Histoire (page 184) il est question de la suppression de l'ancien papier-monnaie qui fut en usage sous la dynastie de Soung, laquelle régna en Chine avant les Mongols; il y est aussi fait mention d'une nouvelle espèce d'assignats, qui furent substitués aux anciens, en 1364, par le ministre Kia-Sovu-tao.

« Il m'a paru intéressant de rechercher dans les auteurs chinois la date de l'invention du papier-monnaie. Le succès ayant couronné mon entreprise, j'eus l'honneur de présenter à la Société asiatique le résultat de mes recherches.

« La plus ancienne spéculation financière imaginée par le ministère chinois, pour faire face aux dépenses devenues trop fortes pour les revenus de l'Etat, date de l'an 119 avant l'ère chrétienne et du règne de l'empereur Ou-ti, de la grande dynastie des Han. A cette époque on introduisit les *phi-pi* ou *valeurs* en *peau*. C'étaient des pièces de peau de certains cerfs blancs qu'on nourrissait dans le parc intérieur du palais. Elles avaient un pied chinois en carré et elles étaient ornées de peintures et de bordures extrêmement fines. Chaque prince ou grand, et même les membres de la famille impériale qui voulaient faire leur cour à l'empereur, ou qui étaient invités à des cérémonies et à des repas dans le palais, étaient obligés de couvrir d'une de ces peaux la tablette qu'ils tenaient devant leur visage en présence du *fils du ciel*. Le ministre de la maison de l'empereur avait fixé le prix de ces *phi-pi* à 40,000 deniers, ce qui revient à peu près à 300 francs. Ils avaient cours pour ce prix dans le palais et parmi les grands, mais il paraît qu'ils n'ont jamais servi de monnaie parmi le peuple.

« Ma-touan-lin rapporte qu'après les années *ta-mi* (605-617 de Jésus-Christ) jusqu'à la fin de la dynastie des Soui, le désordre général en Chine étant monté à son comble, on employait toute sorte de choses en guise de monnaie, comme de petits morceaux de fer ronds, des habits coupés et même du carton.

« Au commencement du règne de l'empereur Hian-tsoung, de la dynastie des Thang, ou vers l'an 807 de Jésus-Christ, le cuivre monnayé étant devenu très-rare, on réitéra la défense de se servir des vases et d'ustensiles faits de ce métal ; l'empereur obligea aussi les marchands qui arriveraient dans la capitale, et en général les familles riches, de disperser leur numéraire dans les caisses publiques; et pour faciliter le commerce, ils reçurent des bons qui eurent cours partout.

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

et auxquels on donna le nom de *sey-thsiam* ou *monnaie volante*. Cependant, trois ans étaient à peine écoulés que l'on fut forcé de supprimer dans la capitale l'usage de ce papier, qui n'eut plus de cours que dans les provinces.

« Thai-tsou, fondateur de la dynastie des Soung, qui monta sur le trône en 960 de Jésus-Christ, permit aux marchands de disposer leur acquit et même des marchandises dans les différents trésors impériaux, et les bons qu'ils en recevaient furent appelés *piau-thiau* ou *monnaie commode*; on les reçut partout avec empressement. En 997 de Jésus-Christ, il existait de ce papier pour 1,700,000 onces d'argent, et en 1021 on en avait encore ajouté pour 1,750,000 onces.

« C'est dans le pays de Chou, qui est la province de Szu-tchhouan de nos jours, qu'on a introduit pour la première fois un véritable papier-monnaie, c'est-à-dire des assignats, qui remplaçaient l'argent sans être garantis par une hypothèque quelconque. Un certain Tchang-goung l'introduisit pour remplacer la monnaie de fer, qui était trop lourde et trop incommode. Ces assignats furent appelés *tchi-tsi* ou *coupons*, sous le règne de Tchui-tsoung des Soung (depuis 997 jusqu'en 1022). On suivit cet exemple et l'on fit des assignats sous le nom de *kiao-tsu* ou *changes :* ils étaient payables sous les trois ans, de sorte, que dans l'espace de soixante cinq ans, il devait y avoir vingt-deux termes de payement. Chaque *kiao-tsu* valait une *enfilade* de *mille deniers* et représentait *une once d'argent pur*. Seize maisons des plus riches dirigèrent cette opération financière; mais par la suite, ces entrepreneurs, n'étant pas en état de remplir leurs engagements, furent forcés de faire banqueroute; ce qui donna lieu à beaucoup de procès. L'empereur abolit les assignats de cette compagnie et ôta aux particuliers la faculté d'émettre du papier-monnaie, en se réservant d'établir une banque d'assignats à Y-tcheou. Vers l'an 1032 de Jésus-Christ il y avait en Chine pour 1,256,340 d'onces en *kiao-tsu;* en 1068, on s'aperçut qu'il en existait de faux et l'on porta contre les contrefacteurs la même peine que celle qu'on appliquait aux falsificateurs des cachets du gouvernement. On établit plus tard, et à différentes reprises, des banques de *kiao-tsu* dans plusieurs provinces de l'empire; les assignats d'une province n'avaient pas cours dans les autres. Souvent on changea les termes du payement et leur mode de circulation.

« Sous l'empereur Kao-tsoung, en 1131, on voulait faire un établissement militaire à Ou-tcheou, mais comme les fonds nécessaires n'arrivaient qu'avec beaucoup de difficultés, des mandarins chargés de la direction de cette entreprise proposèrent au *hou-pou* ou ministre du trésor, d'émettre des *kouan-tsu* ou des *bons* avec lesquels ils pouvaient payer les personnes qui fournissaient les vivres aux troupes. Ces bons étaient remboursables à un bureau spécial; mais il paraît qu'ils donnaient lieu à des abus et faisaient murmurer le peuple. Plus tard, et sous le même empereur, de semblables bons furent mis en circulation dans d'autres provinces de la Chine.

« En 1160, toujours sous le règne de Kao-tsoung, le *hou-pou* créa un nouveau papier-monnaie appelé *hou-tsu* ou *conventions*. Dans leur origine, ces nouveaux assignats n'avaient cours que dans les provinces de Tchi-kiang et dans le voisinage. Mais bientôt ils furent répandus dans les villes de Hou-tcheou et Tchhi-tcheou du Thiang-nan, plus tard on en fit aussi à Sching-tou-fou, dans le Sgu-tchhouan et à Sin-ngan-fou. Dans la province de Tchi-kiang les premiers *hou-tsu* valurent une *enfilade de mille deniers ;* mais sous le règne de Hian-tsoung, en 1163, on en fit de 500 à 300 et 200 deniers. En cinq ans, c'est-à-dire jusqu'à la septième lune de l'an 1166, on avait déjà émis pour 28,000,000 d'onces de ces assignats et le 14 du onzième mois de la même année, cette somme se trouvait encore augmentée de 15,600,000 onces; pendant le reste du règne de la dynastie des Soung, le nombre des *hou-tsu* allait toujours croissant. Outre ces assignats, il y avait encore les *kiao-tsu* et quelques autres papiers particuliers des provinces; de sorte que l'empire se trouvait inondé d'assignats qui perdaient de jour en jour, malgré les différents changements et modifications que le gouvernement jugeait convenable d'y mettre pour faire hausser leurs cours.

« Enfin, sous le règne de Ly-tsoung, de la même dynastie, et en 1264, le ministre Kia-szu-tao, voyant le cours des *hou-tsu* si bas et le prix des denrées si élevé, crut devoir substituer en partie en billets de nouveaux assignats qu'il appela *yn-kouan* ou *obligations d'argent*. Les *hou-tsu*, nommés *de dix-sept termes*, furent tout à fait abolis et on retira trois de ceux de dix-huit termes pour un des nouveaux assignats qui portaient le caractère *kia*. Mais quoiqu'on reçût même les billets déchirés dans le payement des impôts, ce ministre ne put parvenir à faire hausser le cours des papiers émis par le trésor ni à faire baisser le prix des marchandises.

« Pendant que les derniers empereurs de la dynastie des Soung étaient retirés dans le sud de la Chine, le nord de ce pays se trouvait sous la domination des Nui-tong, peuple de la race toungouse qui avait fondé un nouvel empire sous le nom de *Kin* ou *royaume d'or*. Leurs princes sont connus des historiens arabes et persans sous le nom d'Altoun-khan. Les guerres continuelles qui dévastèrent la Chine entière avaient considérablement appauvri toutes les provinces de ce beau pays, de sorte qu'en 1155 de Jésus-Christ, le cuivre étant devenu entièrement rare dans le royaume des Kin, ils furent obligés d'établir chez eux des banques d'assignats sur le plan de celles des *kian-tsu* des Soung; les assignats de deux, quatre, huit et dix enfilades de mille deniers furent appelés

grands billets, et les petits étaient de 100, 300 et 700 ou 900 pièces de cuivre. Leur cours était fixé pour sept ans. Après ce temps, on échangea les anciens billets contre de nouveaux. Dans toutes les provinces il y avait des banques, et le gouvernement retenait quinze pièces de cuivre par chaque enfilade de mille, pour couvrir les frais de la fabrication et de l'enregistrement des billets.

« Dans la seconde moitié du XIIIe siècle, les Mongols se rendirent maîtres de la Chine, où ils fondèrent la dynastie appelée Youan, laquelle régna depuis 1279 jusqu'en 1367. Même avant l'entière soumission de la Chine, Koublai-khan ou Chi-tsou, premier empereur de cette dynastie, avait déjà introduit les assignats chez les Mongols (entre 1260 et 1263) ; en 1284, il chargea le mandarin Lou-chi-joung de lui présenter un plan pour l'émission d'un nouveau papier-monnaie, mais cette émission n'eut lieu qu'en 1287, et depuis ce temps les Mongols ne firent qu'augmenter la quantité de leurs assignats, appelés *pao-tchao* ou *papier-monnaie précieux*.

« Les assignats d'une enfilade, fabriqués dans les années *tchi-youan* (1264-1294), remplacèrent ceux de *cinq enfilades* ou de 500 deniers qu'on avait créés pendant les années *tchoung-thoung* (1260-1263), et qui étaient faits de l'écorce de l'arbre *tchu* (morus papyrifera), ayant un pied chinois en carré. Ceux *d'une enfilade* des années *tchu-ta* (1308-1311), remplacèrent les assignats de *tchi-youan* de *cinq enfilades* : ils valaient une once d'argent pur et la dixième partie d'une once d'or. De cette manière le gouvernement avait remboursé pour un quart de sa valeur le capital de la première émission, et avec vingt pour cent celui de la seconde. Vers la fin de la dynastie de Youan, le papier monnaie avait déjà perdu beaucoup de son crédit, et en 1351, on se vit obligé de faire encore des changements dans le système des assignats ; mais tous les essais et tentatives pour produire une hausse dans les fonds restèrent inutiles, et les Mongols furent forcés de quitter la Chine qu'ils avaient totalement ruinée par leurs *tchhao sérieux*.

« Cet état de choses obligea les empereurs de Ming, qui succédèrent aux Mongols, non-seulement de ne pas abolir les *tchhao*, mais d'en créer même de nouveaux. En 1375, on omit six différentes espèces d'assignats, savoir, d'une *enfilade* ou de *mille deniers*, de 500, de 400, de 300, de 200 et de 100 pièces de cuivre. Ceux de mille deniers valaient une once d'argent. On défendit au peuple de se servir de l'or, de l'argent et des choses précieuses pour trafiquer. Le cours de ces assignats baissa de suite et on ne donna que *trois enfilades* de pièces de cuivre pour dix-sept en papier.

« Il paraît que les premiers empereurs de Ming augmentèrent considérablement la quantité de ces assignats, car en 1448, ils jouissaient de si peu de crédit qu'on ne donnait que trois deniers pour un *tchhao* d'une *enfilade de mille*. Le gouvernement crut remédier à cette disgrâce de son papier en défendant l'usage des pièces de cuivre, et en forçant le peuple à ne se servir que des assignats. Sept ans plus tard il parut une ordonnance qui statua qu'on percevrait en assignats les impôts des marchés des deux capitales de l'empire. Néanmoins ces mesures ne produisirent pas l'effet désiré, et les *tchhao* restèrent en discrédit et finirent par disparaître de la circulation. Du moins l'histoire n'en fait plus mention après l'an 1455 de Jésus-Christ.

« Les Mandchoux, qui ont succédé aux Ming, et qui sont actuellement les maîtres absolus de la Chine, n'ont jamais essayé d'émettre un papier-monnaie quelconque, car ces barbares ignorent encore le principe fondamental de toute bonne administration financière, savoir que plus un pays a de dettes, plus il est riche et heureux.

« Au Japon, le papier-monnaie s'appelle *kami-zeni*. Son introduction dans cet empire date du temps du Dairi Go-Daigo-no-tinoo, qui régnait de 1319 à 1331 et qui fut remis sur le trône en 1334, qu'il occupa encore pendant trois ans. Cependant il n'y a jamais servi à remplacer les pièces de cuivre, et les assignats japonais ont toujours représenté des valeurs considérables. Je ne veux pas affirmer qu'ils sont encore en usage, mais il paraît certain qu'on s'en servait il y a cinquante ou soixante ans. »

PAPIER PEINT POUR TENTURE. —Ce papier qui imite les plus riches étoffes, les ornements d'architecture, les décors, etc., leur est actuellement substitué presque partout.

C'est en France que cette industrie a pris naissance, au commencement du XVIIe siècle. Les premiers essais furent faits par un nommé François, de Rouen; mais ce ne fut qu'à la fin du siècle dernier que Réveillon porta cette industrie à un haut degré de perfection. Depuis lui, les procédés n'ont pas sensiblement changé; ils consistent, comme dans les étoffes, à appliquer successivement chaque couleur au moyen de planches en bois gravées en relief; néanmoins cette application n'a pas pris jusqu'ici une grande extension.

On fabrique plusieurs sortes de papiers peints :

1° Les papiers mats ou communs;

2° Les papiers satinés, auxquels on donne le brillant ou satin au moyen d'un mélange de sulfate de chaux ou d'alumine qu'on introduit dans la couleur, et en les soumettant à l'action de la brosse;

3° Les papiers veloutés, que l'on obtient en fixant sur ce papier de la laine teinte et moulue, avec un mordant composé de céruse broyée et d'huile cuite;

4° Enfin, les papiers dorés et argentés pour lesquels on emploie les mêmes procédés que pour les papiers veloutés, c'est-à-dire qu'on imprime d'abord le dessin qu'on veut obtenir avec le mordant gras, puis on le recouvre avec des feuilles bien minces de métal. Ce papier rare se fait avec l'or faux, ou en

d'Allemagne ; il n'en est pas de même pour le papier argenté, pour lequel on emploie toujours l'argent pur.

L'invention du papier sans fin a beaucoup contribué aux progrès de l'industrie des papiers peints ; non-seulement avec ce papier mécanique l'impression se fait d'une manière plus facile et plus nette, mais encore elle a permis de faire des dessins de toutes les dimensions. — *Voy.* Papier

Pendant longtemps Paris a eu le monopole exclusif de cette fabrication, et c'est encore là qu'en existe le foyer principal, car on n'en compte dans les départements que six à sept fabriques de quelque importance, réparties ainsi qu'il suit : trois à Lyon, une à Mulhouse, une à Strasbourg, une à Metz, tandis qu'à Paris il en existe un très-grand nombre, employant plus de trois mille ouvriers, imprimeurs, graveurs, tireurs, etc.

Un grand nombre de fabriques se sont aussi élevées à l'étranger; il en existe plusieurs en Belgique, en Allemagne, en Hollande, en Angleterre et en Russie. Mais jusqu'ici nos produits sont de beaucoup supérieurs à tous les autres, sous le rapport du goût et de la pureté des dessins, de la vivacité, du coloris et de la bonne fabrication ; nous ne redouterions donc pas leur concurrence, si les étrangers ne copiaient pas servilement la majeure partie de nos dessins(1).

PARACHUTE. *Voy.* Aérostation.

PARAGRÊLE. — Appareil destiné à préserver de la grêle en soutirant, comme les paratonnerres, l'électricité des nuages orageux. Dans sa construction première le paragrêle consistait en une longue perche armée à son extrémité supérieure d'une verge en laiton, à laquelle vient s'attacher une corde de paille de froment ou de seigle renfermant dans son centre un cordon de lin écru. Cette corde est tournée autour de la perche et pénètre avec elle dans la terre. Les points les plus élevés sont les plus avantageux pour y placer les paragrêles. Divers perfectionnements furent apportés aux paragrêles; mais l'idée qui leur a donné naissance a paru fausse aux physiciens, en ce sens que l'électricité ne semble pas le seul agent qui concourt à la formation de la grêle.

Imaginés en Amérique, vers 1820, les paragrêles furent importés en Italie, en Suisse et en France, mais jusqu'ici sans grands succès (2).

PARATONNERRES. — Un paratonnerre est une barre de fer terminée en pointe, qu'on élève au-dessus des édifices et à laquelle on joint un conducteur ou une chaîne de fer pour attirer sans explosion, dans les temps d'orage, l'électricité, et en préserver les bâtiments.

La matière électrique est renfermée dans le sein de la terre; elle nage dans l'atmosphère. Si elle conservait un équilibre parfait entre ces deux régions, les commotions terrestres et le tonnerre seraient deux choses inconnues (*Voy.* Electricité); mais pendant l'été, dans les climats chauds, le soleil élève des fleuves d'eau de la surface du globe ; condensée dans les régions froides, cette eau forme les nuées. Les conducteurs les plus puissants de la matière électrique sont l'eau réduite en vapeur, l'eau dans l'état d'agrégation, enfin les substances métalliques. Ceci posé, on conçoit que le fluide électrique doit passer continuellement du sein de la terre dans l'atmosphère, à la faveur de l'eau sans cesse vaporisée par le soleil, que les nuées deviennent le réservoir de cette matière en même temps qu'elles en sont le conducteur. Or, deux nuages électrisés dans des proportions différentes venant à se heurter, à se communiquer, engendrent les éclairs, la foudre et tous les autres météores ; car la pluie, la grêle, etc., ne sont que l'effet de l'électricité de l'atmosphère. Au moyen d'une machine électrique ces phénomènes ont été imités.

Si la nuée est basse, si la matière électrique est abondante et qu'elle vienne à rencontrer à la surface du globe un corps électrisable, ce corps est foudroyé, à moins que ce corps, perméable à la matière électrique, n'en favorise la libre circulation.

Les conducteurs armés de pointes métalliques ont cette propriété de soutirer continuellement, sans explosion et même à une très-grande distance, la matière du tonnerre, et de ne lui opposer aucune résistance; de la recevoir, comme un canal, comme un tuyau reçoit l'eau ; d'en diriger, d'en prescrire la marche, et par là de rendre absolument nuls les effets redoutables de la foudre.

Les accidents si communs du tonnerre prouvent la première de ces choses, qu'un corps électrisable est foudroyé quand il est en communication avec la nuée qui porte la foudre ; en effet un arbre au milieu d'un champ, contre lequel s'abrite un voyageur surpris par l'orage, un vaisseau, un bâtiment isolé, un monument, et principalement les églises, sont des asiles dangereux contre la foudre; surtout lorsqu'on a l'imprudence de sonner la cloche, la corde devient le conducteur de la matière électrique que l'élévation du clocher et l'état métallique des cloches attirent puissamment.

Maintenant établissons le paratonnerre : une barre de fer terminée en pointe de 15 à 20 pieds, d'un pouce d'épaisseur, sera élevée sur le faîte de la maison. Mais comme le fer se rouille aisément et qu'alors il perd de sa vertu conductrice ; comme d'ailleurs le fluide électrique le fait entrer en fusion, il est prudent de souder à l'extrémité de cette barre une pointe de cuivre de 5 à 6 pouces, et pour plus de précaution on la dorera; on remplace cette pointe par du platine.

La pointe solidement établie, on y ajoute le conducteur; c'est-à-dire une chaîne de fer, mieux encore, une corde de fil de laiton, ou enfin des barres de fer vissées l'une dans l'autre, dont l'extrémité inférieure aboutisse à de l'eau ou dans un lieu humide.

(1) Voy. *Dict. des Arts et Manufactures.*
(2) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde.*

On conçoit que la communication ne doit pas être interrompue et qu'il faut une continuité de métal depuis la pointe jusqu'à l'extrémité des conducteurs.

On préserve de la rouille la partie du conducteur enfouie dans la terre en l'enfermant dans un tuyau de plomb, où en l'entourant de poussière de charbon. La pointe de cet appareil soutire le fluide électrique, le fait écouler, et le transmet au moyen du conducteur, du sein de la nue au sein de la terre.

Tel est le procédé au moyen duquel le célèbre Franklin a su enlever la foudre à la nue (*eripuit cœlo fulmen*) et en préserver les bâtiments les plus élevés. Ecoutons-le lui-même : « Si l'on place, dit-il, une verge de fer à l'extrémité d'un bâtiment, sans interruption depuis son sommet jusqu'à la terre humide, dans une direction droite ou courbe. en s'accommodant à la forme du bâtiment, elle recevra la foudre à son extrémité supérieure, en l'attirant de manière à l'empêcher de frapper à aucun autre endroit, et en lui fournissant un bon conduit jusque dans la terre, elle l'empêchera d'endommager une grande partie du bâtiment.

« La verge, ajoute-t-il, doit être attachée avec des crampons de fer : la foudre n'abandonnera pas la verge bonne conductrice, pour suivre les crampons et le mur, mauvais conducteur. S'il y avait de ce fluide dans la muraille, il passerait plutôt dans la verge pour suivre le conducteur. »

Si le bâtiment est grand et fort étendu, on peut y placer deux ou plusieurs verges pour plus grande sûreté.

Enfin la partie inférieure du conducteur doit pénétrer assez avant dans la terre pour arriver à un endroit humide, peut-être à deux ou trois pieds de profondeur, et si on la courbe, lorsqu'elle est parvenu au-dessous de la superficie, pour l'étendre en ligne horizontale à six ou huit pieds de distance du mur. L'expérience a consacré l'utilité des conducteurs de la foudre ; leur usage est adopté presque généralement.

Les vaisseaux se munirent aussi de chaînes conductrices, surtout depuis le retour des Indes de MM. Banks et Solander, qui ont cru avec raison que leur vaisseau avait été préservé avec une de ces chaînes d'un malheur semblable au vaisseau *le Duck*, mouillé près de la rade de Batavia et qui fut presque détruit par la foudre. Le grand-duc de Toscane, ayant reconnu l'utilité de ses conducteurs, en fit placer sur tous les magasins à poudre de ses Etats; ils sont fixés à des perches séparées des magasins.

L'exemple de ce souverain fut suivi par la plupart de ceux de l'Europe. Louis XVI fit élever de semblables conducteurs, non-seulement sur quelques uns de ses magasins à poudre, mais aussi sur plusieurs palais ou châteaux. Enfin beaucoup de particuliers ont adopté l'usage de ces appareils.

Si de simples fils de fer de sonnettes ont pu, comme on l'a si souvent observé, conduire la foudre à travers tout un bâtiment ; et l'empêcher de faire aucun dégât dans tous les endroits qu'elle traversait ; que ne doit-on pas attendre d'une barre de fer pointue plantée sur le sommet d'un bâtiment, et à laquelle est attaché un gros fil de métal, conduisant sans interruption jusque dans l'eau ou dans la terre humide? Assurément elle doit lui offrir un passage libre et sûr, et l'empêcher de se porter sur aucun autre corps.

Un conducteur dont la pointe s'élevait au-dessus du toit de M. West, en Pensylvanie, et dont l'extrémité inférieure s'enfonçait de 4 à 5 pieds sous le pavé de la rue, fut frappé d'un coup de foudre des plus terribles, et qui ne produisit d'autres effets que d'en fondre la pointe.

Cependant M. Barbier croit qu'il nous manque encore bien des informations pour fixer exactement les dimensions d'un conducteur tel qu'on puisse se fier entièrement sur sa solidité. Mais il pense qu'on peut, d'après celles que l'on a recueillies jusqu'à présent, donner un à peu près suffisant pour la pratique.

Dans le petit nombre de relations connues de coups de foudre tombés sur des maisons armés de conducteurs, on rapporte que des fils métalliques minces ont été fondus ou dissipés.

« Dans d'autres exemples de ce genre, ajoute M. Barbier, on a vu des coups de foudre qui paraissaient de la plus grande violence, traverser les conducteurs du diamètre d'une tringle ordinaire, sans les endommager ; et l'on n'a pas connaissance que des conducteurs de ce volume (1/2 pouce de diam.) aient jamais souffert de la foudre. » On peut donc raisonnablement croire que cette dernière dimension peut suffire; néanmoins, pour plus de sûreté, on donnera à un tel conducteur jusqu'à un pouce de diamètre

Pour qu'un conducteur puisse transmettre en entier une explosion quelconque de la foudre et préserver complétement un bâtiment, il faut que rien n'y arrête le fluide électrique et que celui-ci, dès qu'il est entré dans le conducteur, puisse le traverser librement et se répandre à l'instant dans toute la masse du globe.

On s'est imaginé que l'intérieur de la terre, à une certaine profondeur, étant toujours humide, il suffisait que le conducteur pût communiquer avec cette humidité, pour être en état de remplir sa fonction. En effet, cela peut arriver souvent. Mais, comme l'observe M. Barbier, une explosion électrique, en partageant une couche d'eau très-mince, la dissipe en vapeur, il peut donc arriver qu'une seconde explosion de la foudre, ne trouvant plus l'humidité qui avait servi à conduire la première, déploie son énergie contre le bâtiment. Cette humidité, d'ailleurs, outre qu'elle est variable, offre toujours à la foudre un passage moins libre qu'un grand volume d'eau. « Lorsqu'il s'agira donc de préserver un bâtiment d'une certaine importance, je conseillerai toujours, dit M. Barbier,

d'observer scrupuleusement la communication du conducteur avec l'eau. »

On voit dans les expériences électriques, lorsqu'on fait passer une explosion par un conducteur dont les parties ne sont que faiblement contiguës, tel qu'une chaîne, des tiges de métal simplement accrochées, etc., qu'à chaque point de contact il éclate une petite étincelle, qui indique un obstacle, et par conséquent un retardement dans le mouvement de l'électricité. « Toutes les fois donc, dit M. Barbier, qu'on voudra se procurer le plus grand degré de sûreté, je conseille d'établir la continuité la plus exacte entre les différentes parties des conducteurs; cela se fait très-aisément en coupant en bec de flûte les extrémités de chacune des barres qui le composent, en les appliquant l'une contre l'autre et en les serrant avec des vis. On peut même, pour plus de précaution, interposer entre les joints des lames de plomb qui rendront le contact plus parfait. »

Quelques physiciens regardent comme une condition indispensable d'unir et de lier toutes les portions de métal qui font partie d'un bâtiment, avec le conducteur qui doit le préserver des ravages de la foudre. Suivant eux, si la foudre vient attaquer les unes ou les autres de ces parties métalliques, elle se dissipera facilement et sans causer aucun dommage.

Le seul motif qui ait pu porter à isoler le conducteur, ce serait la crainte de l'effet latéral de l'explosion qui le traverse. En effet, si le conducteur destiné à préserver un édifice pèche par un trop petit volume, par un défaut de continuité, il est possible qu'une explosion violente de la foudre produise un effet latéral, qui aille même jusqu'à endommager l'édifice. On en a vu l'exemple plus d'une fois; mais, comme l'observe très-bien M. Barbier, un conducteur construit avec toutes les précautions dont nous avons parlé sera en état de transmettre librement et instantanément tout le feu répandu par une explosion de la foudre, et celui-ci n'éprouvant aucun obstacle dans son mouvement, ne fera aucun effort latéral et ne causera aucune altération aux corps qui environnent le conducteur.

Dans l'application des conducteurs aux édifices, on peut se proposer deux objets: l'un de préserver uniquement un bâtiment de la foudre, en offrant à une explosion quelconque qui viendra le frapper un chemin qui la conduise en entier dans l'intérieur de la terre, sans danger pour le bâtiment; l'autre de diminuer l'électricité que contient le nuage orageux, et par conséquent le danger de son explosion même pour les édifices qui entourent jusqu'à une certaine distance celui qui en est armé.

Il est certain que pour remplir le premier objet, l'usage des pointes n'est point nécessaire. Lorsqu'un édifice sera garni d'un conducteur métallique d'une capacité suffisante bien continu, en contact parfait avec les eaux de l'intérieur du globe, et qui se présentera de tous les côtés à la foudre, de préférence à toute autre partie du bâtiment, quelle que soit la violence du coup qui pourra l'assaillir, et quelle que soit la forme du conducteur, pointue ou obtuse, ce coup pourra bien laisser quelques traces de son entrée dans le conducteur et quelques points de fusion; mais une fois entré, il le traversera sans effet sensible et sans danger pour le bâtiment. Pourquoi s'en tenir à son premier effet, si, sans augmenter les risques, on peut se promettre de remplir jusqu'à un certain point le second dont l'utilité ne peut être contestée? or, il n'y a que les pointes en état de l'effectuer. Un conducteur qui en est dépourvu n'a aucune action sur la nuée qui ne se trouve pas à sa portée assez pour lui donner une explosion; les pointes, au contraire, agissent à une grande distance sur l'électricité du nuage, en la soutirant.

Quant à ce qui concerne l'élévation du conducteur au-dessus du bâtiment, M. Barbier croit avec raison que lorsqu'il sera terminé en pointe, on fera bien de l'élever autant qu'il sera possible; plus il sera élevé, plus il pourra déployer son pouvoir préservatif. Lorsque au contraire on fera son extrémité obtuse, on ne l'élèvera qu'autant qu'il est nécessaire pour qu'il se présente à la foudre, de préférence à toute autre partie du bâtiment, l'objet n'étant pas alors d'aller au-devant de l'explosion, mais de lui présenter seulement une issue qui puisse la transmettre à la terre sans danger.

Il n'est guère possible de fixer la hauteur à laquelle un conducteur pointu peut s'élever et étendre son pouvoir préservatif; elle dépend d'une infinité de circonstances variables, de la grandeur des nuages, de leur éloignement, de la quantité d'électricité qu'ils contiennent, de leur direction, de leur mouvement, de la manière dont ils se présentent aux pointes, car il est certain que l'action de celles-ci se trouve excessivement diminuée, lorsqu'elles ne se présentent point perpendiculairement aux nuages orageux, et c'est la raison pour laquelle on a terminé souvent les conducteurs par des pointes inclinées en différents sens. De ces pointes, l'une est verticale, et les autres sont disposées en croix, faisant avec la première un angle de 60 degrés, pour se présenter avantageusement aux différentes directions par lesquelles les nuages peuvent s'en approcher.

Pour un bâtiment ordinaire, on se contente de donner à la foudre un conduit et une issue; on ne craint pas que ce conduit soit contigu au bâtiment ou passe dans son intérieur. Mais il n'est pas de même des magasins à poudre; la plus petite étincelle électrique qui éclaterait dans leur intérieur pourrait être la cause d'un accident terrible, et l'on doit y pousser les précautions jusqu'au scrupule. Lorsqu'un conducteur est d'une capacité suffisante, bien continu et qu'il plonge exactement dans l'eau, on ne conçoit pas qu'il puisse s'échapper la moindre étincelle électrique; comme cependant

cela pourrait arriver par quelque cause inconnue, il sera préférable de placer le conducteur extérieurement et d'en établir deux à chaque extrémité du bâtiment avec toutes les précautions demandées.

Il serait à désirer que les magasins à poudre n'eussent dans leur construction aucune partie métallique extérieure et saillante, et exposée à être frappée par la foudre; s'il s'en trouvait cependant, il faudrait avoir soin de les réunir au conducteur par un lien métallique dont on rendrait la contiguïté parfaitement établie avec l'une ou avec l'autre. M. Barbier pense qu'avec ces précautions, les magasins seront préservés de la foudre.

Ainsi en construisant un édifice, on fera bien de disposer de suite les gouttières et les tuyaux de manière à pouvoir remplir également la double fonction de conduire les eaux et de décharger la foudre. Le bâtiment le plus complétement armé serait celui sur le sommet du toit duquel régnerait tout le long une bande de plomb servant de faîtière, communiquant à de semblables bandes qui en recouvriraient les arêtes et viendraient aboutir à des gouttières régnant tout autour, ayant aux angles des tuyaux de décharge qui viendraient jusqu'à terre, et de l'extrémité de ceux-ci, on pratiquerait une communication métallique jusqu'à l'eau; et au sommet de chaque extrémité, on élèverait une barre de fer haute et terminée par une pointe d'un métal qui ne peut se rouiller à l'air.

La seconde observation est que lorsqu'on voudra pratiquer un conducteur à un édifice, surtout pendant l'été, et que sa construction devra durer quelque temps, on fera bien de commencer par sa partie inférieure en remontant; car on pourrait craindre en commençant par le haut qu'un coup de foudre n'endommageât l'édifice. Nous ajouterons à ces observations que s'il n'est pas toujours possible de faire communiquer un conducteur avec une masse d'eau telle que celle que présente un puits, une citerne, on pourra à ce défaut se contenter de faire communiquer avec la terre humide par le moyen d'une barre de fer qu'on y enfoncera profondément. Mais on ne peut trop recommander que cette barre de fer soit éloignée des fondations de l'édifice. Celles-ci sont souvent baignées d'eau, et il serait à craindre que la foudre ayant suivi la barre de fer en terre ne se portât de préférence sur ces fondations, et qu'elles ne s'en ressentissent. On sera en sûreté à leur égard si la barre en est éloignée de 7 à 8 pieds.

Enfin les conducteurs proposés auront le pouvoir de dissiper en silence non-seulement la foudre qui vient des nuages, mais encore celle qui vient de la terre.

Quelques nouvelles observations, que nous ne devrons pas omettre, viendront à l'appui de cet art important.

Nouvelles observations. — On a vu le tonnerre tomber avec un bruit épouvantable sur une maison armée d'un paratonnerre, fondre la pointe du conducteur de la longueur de six pouces, et suivre après cela le conducteur sans causer aucun dommage.

M. Maine ayant armé sa maison d'une pointe métallique, et n'ayant porté les barres conductrices qu'à trois pieds au-dessous du terrain, le tonnerre se jeta de préférence sur la verge électrique, et suivit l'appareil préservateur, mais la matière fulminante, accumulée à l'extrémité inférieure, fit explosion; une partie laboura la superficie de la terre et y fit des trous, une partie s'insinua dans les fondations et les fit sauter.

« Cela nous apprend, dit Franklin, à quoi on avait manqué en établissant cette verge; la pièce inférieure n'étant pas assez longue pour parvenir jusqu'à l'eau pour recevoir la quantité de fluide qu'elle conduisait. »

M. de Morreau, académicien de Dijon, a observé, en 1773, que le tonnerre étant tombé sur le faîte d'une maison, à Dijon, avait marqué sa route sur un des côtés du toit en brisant et dispersant les tuiles; qu'il avait suivi, après cela, les chaîneaux de fer-blanc, dans toute leur longueur, sans laisser aucune trace; qu'il serait descendu paisiblement le long du corps jusqu'à la terre humide; mais le corps étant coupé, le tonnerre fit explosion et se porta sur une poulie d'un puits, et il suivit la chaîne sans causer aucun dommage.

La matière métallique est donc capable de conduire le fluide électrique, lors même qu'elle n'est pas en pointe; à plus forte raison déterminera-t-elle sa direction lorsqu'on lui aura donné cette forme dont nous avons constaté la puissance. Il n'en faut pas davantage pour démontrer à tout homme raisonnable la sûreté des paratonnerres.

On établit deux espèces de conducteurs dont la construction est différente, suivant leur objet. Le premier ne sert absolument qu'à garantir de la foudre, c'est le véritable paratonnerre; le second sert à faire des observations sur l'électricité atmosphérique, c'est le conducteur isolé. Pour construire le conducteur d'un paratonnerre, il suffit, comme on l'a dit ci-dessus, d'élever sur l'édifice qu'on veut préserver une barre de métal terminée en pointe. Il n'exige ordinairement qu'une élévation de quinze à vingt pieds, à moins que la maison qu'on veut armer ne soit dominée; dans ce cas, on pose la barre métallique sur un mât ou perche attachée à une des aiguilles de la charpente. La pointe doit être fine; comme la rouille pourrait la détruire en très-peu de temps, il est plus sûr de faire souder une pointe en cuivre doré de cinq ou six pouces; on y ajoute aussi un grain d'argent à l'extrémité supérieure. A l'extrémité inférieure de la barre de fer qui se termine en pointe, on réserve une boule pour attacher la chaîne qui doit communiquer au barreau conducteur. On a observé que les tresses de métal étaient préférables, parce que le fluide s'y écoule avec une plus grande facilité; au lieu que, s'il se trouvait très-abondant, il pourrait faire éclater quelques-uns des anneaux en

sautant de l'un à l'autre. M. de Saussure pense que les tresses de fil de laiton sont moins exposées à être fondues et calcinées qu'une tresse de fil de fer même beaucoup plus grosse; elles ont de plus l'avantage d'être moins sujettes à la rouille. Cette tresse s'écarte du mât qui porte la pointe, et vient s'attacher sur une barre de fer équarrie d'un pouce d'épaisseur, qui est surmontée d'un chapeau de fer blanc pour empêcher la filtration de la pluie, et qui se prolonge continuellement jusque dans la terre. Les barres de fer conductrices doivent être portées jusque dans l'eau, ou à une profondeur où la terre soit constamment humide. On ne doit pas craindre que le fluide électrique communique à l'eau une qualité nuisible. Les physiciens savent qu'il ne fait que la transmettre, et qu'elle n'en retient que ce qui est nécessaire pour son équilibre avec les autres corps. C'est sur ce principe que l'on a établi en Bourgogne beaucoup de conducteurs pour préserver les édifices, et l'on ne pouvait mieux faire que de prendre pour modèle celui qui a été posé sur l'Académie de Dijon, aux frais de M. Duplex, intendant de cette province.

Nous venons, d'après l'*Encyclopédie méthodique*, d'exposer la théorie première de l'effet des pointes sur le fluide électrique. Les pointes, d'après les idées de cette époque, soutiraient le fluide répandu dans l'atmosphère, et le déversaient au grand réservoir commun, au sein de la terre. Une nouvelle théorie a surgi; c'est celle qui indique comme base de la propriété préservatrice des pointes la répartition des fluides de mêmes signes, l'un dans le sol, l'autre dans l'atmosphère. Ce sont ces nouveaux principes que nous voulons faire connaître, ainsi que les dispositions adoptées actuellement pour la confection des paratonnerres, dispositions qui, bien que d'une construction plus achevée, ne diffèrent en rien d'essentiel de celles qu'avaient adoptées nos pères. Franklin conservera donc en son entier sa devise: *Eripuit cœlo fulmen.* — Nous empruntons les détails qui vont suivre au *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

Tout le monde connaît les effets terribles de la foudre; ils sont de même nature que ceux que nous pouvons produire dans nos laboratoires au moyen de la décharge d'une puissante batterie électrique. Les paratonnerres se composent d'une tige métallique pointue qui s'élève dans l'air, et d'un conducteur qui descend de l'extrémité inférieure de la tige jusqu'au sol. Les conditions nécessaires pour qu'ils puissent produire leur effet sont: 1° que la pointe de la tige soit bien aiguë; 2° que le conducteur communique parfaitement avec le sol; 3° que depuis la pointe jusqu'à l'extrémité inférieure du conducteur il n'y ait aucune solution de continuité; 4° que toutes les parties de l'appareil aient des dimensions convenables.

La tige d'un paratonnerre a environ 9m25 de longueur; elle se compose habituellement de trois pièces ajustées bout à bout, savoir: une barre de fer de 8m60, une baguette de laiton de 0m60 et une aiguille de platine de 0m05; leur ensemble forme un cône qui s'amincit régulièrement jusqu'au sommet, et dont la base a 0m05 de diamètre. L'aiguille de platine est soudée à la baguette de laiton avec de la soudure d'argent, et on enveloppe encore cette jonction avec un petit manchon de cuivre. La baguette de laiton se réunit à la barre de fer au moyen d'un goujon qui entre à vis dans toutes deux; ce goujon est ensuite fixé dans chacune d'elles par deux goupilles à angle droit. Pour ajuster la tige au-dessus du bâtiment, on perce le toit, et on la fixe avec des brides ou des étriers solides, soit contre un poinçon, soit contre le faîtage. Au bas de la tige, à 0m08 du toit, on soude une embase destinée à rejeter l'eau. Un peu au-dessous de l'embase, sur 0m05 de longueur, la tige est cylindrique et parfaitement rôdée pour recevoir un collier brisé à charnière, qui doit réunir la tige au conducteur. Ce dernier consiste tantôt en une barre de fer carrée de 0m015 à 0m020 de côté, tantôt en un câble en fil de fer qui descend jusqu'au sol. On soutient ce conducteur au moyen de pattes appliquées sur la couverture et le long du mur, de manière à soulager le point d'attache. Si l'on a à sa disposition un puits qui ne tarisse pas, ou si, avec une petite sonde, on peut atteindre une profondeur où l'eau soit permanente, il suffira d'y faire arriver le conducteur, en le divisant en plusieurs branches. Pour multiplier le contact, on mènera le conducteur au puits ou au trou par des tranchées creusées dans la terre, que l'on remplira ensuite avec de la braise de boulanger. On aura, de cette manière, le double avantage de préserver le fer de la rouille et de le mettre déjà en contact avec cette braise qui est un très-bon-conducteur. On emploie avec succès du fer zingué, dit fer galvanisé, pour prévenir l'oxydation. Lorsque l'on n'aura pas d'eau, il faudra chercher au moins un lieu humide et y mener le conducteur par une longue tranchée dans laquelle il sera bien enveloppé de braise. On pourra même alors, pour plus de sécurité, former des tranchées perpendiculaires à la première et plus ou moins longues, dans lesquelles on fera passer des ramifications du produit. Lorsqu'un nuage orageux passera au-dessus d'un paratonnerre ainsi établi, les électricités naturelles de la tige et du conducteur seront décomposées; celle de même signe sera repoussée dans le sol, où elle pourra se répandre librement, puisque le conducteur communique parfaitement avec le sol; celle de signe contraire sera attirée au sommet de la tige, et là elle s'écoulera dans l'air par l'extrémité de la pointe et ira neutraliser peu à peu celle qui est accumulée dans le nuage orageux. Les deux fluides opposés n'éprouvent nul obstacle à leur circulation dans toute l'étendue de la conduite et à leur écoulement, l'un dans le sol et l'autre dans l'air; l'accumulation de

l'électricité sur le paratonnerre sera nulle, et, par conséquent, toute explosion impossible. L'expérience a démontré qu'une tige de paratonnerre de 9 à 10 m de hauteur, établie suivant les règles ci-dessus et mise en communication avec tous les bons conducteurs qu'elle doit protéger, garantit des effets de la foudre tout ce qui est autour d'elle dans un cercle de 20 m de rayon, c'est-à-dire à peu près double de sa hauteur.

PARCHEMIN. — Ce mot vient de *pergamena charta*; car on assure que la fabrication du parchemin avait d'abord son siége à Pergame dans l'Asie Mineure. C'est une peau préparée pour l'écriture, le dessin et plusieurs autres usages; dès les temps les plus reculés on s'en est servi comme matière propre à recevoir l'écriture. A Rome, on l'employait sous le nom de *membrana*, peau, pour les carnets, les livres et pour toutes sortes d'écriteaux. C'est aussi dans cette ville qu'on est parvenu à le blanchir et même à le teindre de différentes couleurs. Le parchemin qui sert à l'écriture et à l'imprimerie se fait avec les peaux de chèvre et de mouton; le vélin ou parchemin vierge, ne s'apprête qu'avec des peaux d'agneau, de chevreau et de veau. Les peaux de bouc, de chèvre et de loup servent pour les tambours

La fabrication du parchemin commence chez le mégissier, qui tond les peaux, les lave et les dégraisse; après lui le parcheminier les tend fortement sur des châssis pour enlever les dernières parcelles de chair qui y sont restées, et les soupoudre de chaux, afin d'absorber l'humidité; le parchemin qui est destiné à l'écriture, au dessin, a besoin d'être gratté avec un instrument tranchant, et frotté avec la pierre ponce. L'emploi restreint que l'on fait aujourd'hui du parchemin n'a pas empêché cette fabrication de suivre le mouvement général de l'industrie (1).

PASTEL [*Culture et extraction de l'indigo du* (2)]. — La plante appelée *pastel* a la racine fibreuse et pivotante, la tige lisse et rameuse, les feuilles unies, larges, d'un beau vert, et des fleurs jaunes disposées en panicules à sa sommité; sa graine de forme ovale et de couleur bleue ou violette est renfermée dans une silique oblongue, presque plate et de la même couleur que la graine. Ces caractères servent à distinguer le pastel bâtard qui a des feuilles velues; la deuxième variété a les feuilles lisses et plus larges; dans la troisième, les feuilles sont noirâtres et étroites. et il convient de l'extirper des champs de pastel. Cette troisième qualité est cependant cultivée dans les départements du Calvados et de la Roër. Le pastel réussit peu dans les terrains légers, secs, et dans ceux qui sont compactes, argileux ou qui retiennent l'humidité. Il vient très-bien dans les terres d'une consistance moyenne, grasses et légèrement humides; il vient encore très-bien dans les terres graveleuses ayant de la profondeur qui laisse à sa racine la faculté de pivoter, et aux autres parties fibreuses latérales celle de s'étendre. Quelle que soit la nature du terrain, il faut le choisir exposé au soleil; il faut éviter de répéter de suite la récolte sur le même terrain: des récoltes d'une autre espèce donnent à la terre le temps de s'imprégner de sucs favorables. Le nombre des labours est déterminé par la qualité des terres, mais il est essentiel de les bien diviser, d'en extirper les mauvaises herbes, et l'écobuage est un sûr moyen d'obtenir ce double effet. Si l'on sème en automne, il faut préparer la terre en juillet, août ou septembre, et en octobre, novembre, décembre, quelquefois même en janvier lorsqu'on ne sème qu'au printemps. Les sillons doivent être disposés pour l'écoulement des eaux et espacés de manière que l'on puisse sarcler et effeuiller la plante. Les engrais varient suivant l'habitude de culture de chaque contrée. Pour les semis d'automne, l'époque à peu près générale est du 15 septembre au 15 octobre, et pour ceux du printemps depuis le mois de mars jusqu'au mois de mai. La graine se sème sans préparation, de deux manières, à la volée comme les céréales, ou en la prenant à poignées et la laissant tomber successivement: de quelque manière que l'on sème, on doit tourner le dos au vent parce que la semence, extrêmement légère, serait facilement emportée: on ne doit semer ni trop clair ni trop épais; dix à douze kilogrammes doivent suffire pour un hectare. On peut herser pour recouvrir la semence, ou se servir du râteau. S'il arrive que la graine ne lève pas ou que les insectes la dévorent, on peut, si la saison n'est pas trop avancée, donner un tour de labour et réensemencer. Par un temps favorable la semence lève en douze ou quinze jours; lorsque la plante a développé six feuilles, on fait un premier sarclage, on enlève soigneusement les mauvaises herbes et le faux pastel, on écrase les mottes de terre que la herse a laissées, ce qui garnit et garantit la racine. On arrache également les pieds de pastel qui se trouvent trop rapprochés, on les repique aux endroits où la graine n'a pas levé, on peut même repiquer ces jeunes plants dans un terrain préparé exprès. Il y a peu de plantes qui demandent autant de propreté dans leur culture et avant la première coupe des feuilles, il faut répéter, une, deux, et même jusqu'à trois fois le sarclage; aux autres coupes on le renouvelle seulement une fois, à moins d'une trop prompte reproduction d'herbes nuisibles.

Le pastel ne craint pas les rigueurs de l'hiver, mais il est sujet à un petit nombre de maladies et aux attaques de quelques insectes; ses feuilles se couvrent parfois de pustules jaunes ou couleur de rouille; on doit les cueillir dans cet état, bien qu'elles ne soient pas parvenues à leur maturité: c'est le seul moyen d'arrêter les progrès du

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde* (CABANIS). — Voy. PEAUX (*préparation des*). — Voy. aussi PAPIER.

(2) Les observations suivantes ont été publiées par ordre du ministre des manufactures. (1812).

mal. L'étiolement provient de la sécheresse; on prévient ou on guérit cette maladie par des arrosements. De tous les insectes qui attaquent cette plante, le plus dangereux est un puceron assez ressemblant à une puce; il dévore les feuilles tendres en fort peu de temps. L'expérience a démontré que ce puceron meurt lorsqu'on parsème le champ de cendres mêlées à la poussière de chaux. Les cendres de tourbe ou de genêt sont les meilleures. On signale encore un autre insecte moins dangereux, que l'on nomme pou, et qui se montre beaucoup plus tard. Des chenilles tendent également à détruire les feuilles du pastel; on doit diriger tous ses soins à faire disparaître ces insectes. On juge que le pastel est parvenu à son point de maturité lorsque les feuilles inférieures jaunissent et s'affaissent, ou lorsqu'elles jaunissent et se couvrent de petits trous, ou lorsqu'en jaunissant elles présentent des taches violettes sur les bords, c'est alors qu'on les cueille. Mais soit qu'on veuille les réduire en pâte de pastel, soit qu'on se propose d'en extraire l'indigo, il convient de les cueillir plus tôt. Des expériences comparatives ont prouvé que les coques provenant des feuilles avant qu'elles jaunissent ou s'affaissent au moment où elles offrent sur leurs bords une nuance d'un clair violet, produisent des couleurs plus belles et plus intenses que les coques provenant des feuilles cueillies plus tard. Dans plusieurs endroits, on cueille les feuilles à la main, en ayant soin de ne pas endommager le collet de la plante; dans d'autres, on coupe les feuilles avec la serpe. Toutes les récoltes doivent être faites par un temps beau et sec, et après que le soleil a dissipé la rosée et les brouillards. Le nombre des récoltes varie suivant les contrées où cette plante se cultive. Dans les pays les plus chauds de la France, les premières récoltes ont lieu en mai ou juin; dans ceux plus septentrionaux elles ne commencent qu'en juillet. On les continue ensuite de 20 en 25 ou 30 jours suivant le climat, le degré de chaleur et l'état de l'atmosphère. Ordinairement les premières récoltes sont d'une meilleure qualité que les suivantes et surtout que les dernières, à moins que le printemps n'ait été pluvieux: dans ce cas, la première est moins estimée que la seconde. Dans quelques pays, les cultivateurs réservent la dernière pour la culture de leurs bestiaux, et il est à remarquer que les dernières récoltes diminuent graduellement de qualité. Pour recueillir les graines, on est dans l'habitude de ne pas recueillir les feuilles des plantes qu'on destine à devenir porte-graines, du moins à chaque récolte. Cependant des expériences ont prouvé que l'effeuillage complet ne nuisait pas à la graine. Les plantes réservées passent l'hiver et donnent leur graine fin mai et mi-juin dans les pays chauds, et un peu plus tard dans les pays froids. On juge que la graine est mûre quand elle est noire; alors on coupe la plante près de la terre avec une faucille, on la laisse quelques jours sur le terrain, on en fait de petites gerbes la graine en dedans; elles se battent sur l'aire; la graine se vanne et se conserve sur un lieu sec. Les siliques qui renferment la graine, soit du vrai pastel, soit du pastel bâtard, étant toutes de couleur bleue ou violet foncé, il n'y a pas de signes certains pour distinguer la bonne de la mauvaise.

La graine du pastel conserve longtemps sa faculté germinative. On juge qu'elle dégénère lorsqu'elle ne lève pas, et lorsqu'elle produit beaucoup de pastel bâtard, sa dégénération est manifeste. Dans beaucoup d'endroits on élève, dans un terrain à part et préparé exprès, les plus belles plantes pour porter des graines. Les graines qui ont produit le pastel, dans les départements de la Roër et du Calvados, ont été apportées, en 1811, du Piémont; elles y ont produit le véritable pastel. On en a cueilli les feuilles jusqu'à cinq fois près de Cologne. Dans le département du Calvados, on prépare, par la fermentation, les feuilles de pastel, et le procédé est très-simple: on y entasse les feuilles en plein champ, les unes sur les autres. Dès que les tas ont fermenté au degré de chaleur nécessaire, on les ouvre, on en étend les diverses parties, et on les fait sécher au soleil; quand elles sont sèches au point de ne plus éprouver de fermentation, on les réunit et on les porte dans des greniers. Dans la Roër, où l'on entasse les feuilles pour les faire fermenter, on les fait fermenter pendant trente à quarante heures dans une cuve pleine d'eau et élevée à une température de seize à dix-huit degrés Réaumur. Après la fermentation, on presse les feuilles avec les mains pour exprimer la liqueur qu'elles contiennent, et on leur donne en même temps la forme de pains à coques. Les pains étant secs, on les casse, et les teinturiers en emploient les morceaux. Mais le pastel préparé ainsi, par la seule fermentation, est d'une basse qualité; il ne sert pas longtemps dans les cuves de teinture; il convient donc de lui faire subir plusieurs fermentations. A mesure qu'on coupe les feuilles du pastel, on les transporte en sacs au moulin. On les place sous une meule comme celles des moulins à huile de noix ou d'olives, qui doit les réduire en une pâte très-fine, de manière qu'on n'en puisse plus distinguer les côtes ou nervures longitudinales. On juge qu'elles sont assez écrasées lorsqu'elles s'attachent fortement à la meule. Il faut que la feuille soit broyée immédiatement après qu'elle a été cueillie, parce qu'autrement elle s'échaufferait et répandrait une odeur infecte en se décomposant. La pâte doit être portée hors du moulin, sous des hangars en pente, pour faciliter l'écoulement du liquide. On en fait des monceaux que l'on bat, que l'on presse et que l'on unit avec la pelle de bois. Le lendemain on disperse les morceaux, puis on les refait, ayant soin de les frapper et presser; et on répète cette opération jusqu'à ce que la pâte ne laisse plus échapper d'eau noirâtre; on

juge alors qu'elle est assez nourrie et qu'on peut la convertir en coques. On l'étend en cet état sur le carrelage du hangar, en mêlant les parties intérieures avec la croûte qui s'est formée dessus; on pétrit fortement le tout avec les pieds. Quand on l'a bien pétri, un ouvrier en prend une poignée, la serre et la frappe avec force ou sur le carrelage ou sur une pierre unie; il la fait passer à un second qui répète cette manipulation; celui-ci la livre à un troisième qui appuie la pâte dans un petit moule creux, la serre et l'allonge en forme de poire. Ces pelotes, nommées coques, sont déposées sur des claies, dans un lieu aéré et à l'ombre; dans les grandes chaleurs elles y sèchent en quinze ou vingt jours. Elles sont noires après la dessiccation, s'il a fait beau; si, au contraire, le temps a été sombre, pluvieux ou humide, leur couleur est jaune. La qualité ne diffère pourtant presque pas, pourvu qu'elles soient noirâtres en dedans. Les plus estimées sont celles qui, ayant du poids, répandent une odeur assez agréable, et dont l'intérieur présente une nuance violette. A quelques exceptions près, cette méthode est suivie généralement. Il convient alors de procéder au raffinage. Pour exécuter cette opération, vers les premiers jours de janvier, on transporte les coques dans une grande pièce oblongue, n'ayant de fenêtres qu'au midi, et dont le sol carrelé est disposé en pente. Il faut en réunir une grande quantité, parce qu'on n'opère pas avec succès sur une petite masse. On réduit les coques en morceaux; on range les débris par couches successives; on arrose à plusieurs reprises chaque couche avec de l'eau de rivière ou de fontaine. Les couches ainsi superposées forment de longs monceaux d'un mètre environ de hauteur, un peu inclinés en dos d'âne, et assez larges pour que la chaleur de la fermentation s'y établisse et s'y conserve. Quand ils ont fermenté pendant quelques jours, on les refait aussitôt en les arrosant comme la première fois. Cinq ou six jours après le deuxième arrosement, on détruit les monceaux, et l'on en forme d'autres sans les mouiller ni les presser. Ce travail se renouvelle de trois en trois jours pendant le premier mois, une fois la semaine pendant le second, et ensuite de quinzaine en quinzaine, jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus dans la masse ni humidité ni chaleur. Alors on remet le pastel en monceaux, et on l'y laisse l'espace de deux mois avant de le vendre aux teinturiers. Dans quelques départements, les cultivateurs mettent les coques dans un tonneau, lorsqu'ils les ont brisées, et les y font fermenter pendant huit à dix jours, après quoi ils les entassent dans une chambre où la fermentation se continue. Dans quelques endroits, on se sert de vin au lieu d'eau pour les arrosements. Ce sont les deux différences les plus remarquables entre la méthode de raffiner le pastel dans le Languedoc et quelques parties de l'Italie française.

Avant le XVII[e] siècle, le pastel servait à teindre en bleu les étoffes de laine. Jusqu'à ce que cette matière ait remplacé entièrement l'indigo, elle servira toujours à fixer la couleur des cuves où l'on emploie l'indigo. On est entré ici dans de grands détails sur les différents procédés, afin que les cultivateurs puissent du moins transformer le pastel en coques, et le livrer ainsi aux teinturiers, qui se chargeront de l'opération du raffinage. Tout annonce qu'on renoncera aux méthodes de fermentation adoptées jusqu'ici. Déjà deux de nos teinturiers les plus habiles (M. Pavie, de Rouen, et M. Rouquès, d'Alby) ont reconnu qu'en se bornant à en faire sécher les feuilles, elles deviennent préférables, comme servant dans le traitement d'une cuve à chaud, à celles converties en coques. Les expériences qui les ont conduits à ce résultat seraient seules déterminantes pour engager les teinturiers à ne demander aux cultivateurs que les feuilles de pastel simplement réduites à un état complet de dessiccation.

L'art d'extraire l'indigo du pastel contribuera encore plus à éloigner tout autre moyen rival; il y contribuera par les avantages et les bénéfices qu'il promet. MM. Giobert et Puymaurin ont observé que les feuilles doivent être cueillies pendant l'été après seize à vingt jours de végétation; en automne entre le vingtième et le vingt-quatrième jour de végétation, époque où cette plante fournit le plus d'indigo. Le moment le plus favorable à la cueillette se reconnaît : 1° Lorsque la surface de la feuille est recouverte d'une espèce d'enduit gris bleuâtre, qu'on peut enlever par le frottement. 2° Plus la feuille est grasse, plus elle donne d'indigo. 3° Les feuilles provenant du pastel sur lequel on a répandu du plâtre sont plus riches en indigo. 4° Les feuilles dont les bords commencent à jaunir ou qui ont des taches de rouille doivent être rejetées. 5° Les feuilles lisses distinguent le vrai pastel de celui bâtard, qui les a velues. 6° Il ne faut cueillir les feuilles que lorsque la rosée est dissipée, et toujours profiter d'un temps sec et chaud. 7° On ne doit jamais cueillir après un jour de pluie. 8° On ne doit point laver les feuilles; les meilleures, qui sont lisses, ne sont jamais souillées ni de terre ni de poussière. 9° Il faut employer la feuille du moment qu'elle est coupée; sans cela l'indigo se détruirait par la fermentation qui s'y établit avec une grande facilité. Plusieurs procédés sont employés pour extraire l'indigo contenu dans les feuilles du pastel. Les uns emploient l'eau bouillante, qu'ils versent sur les feuilles, et ils la font couler après quelques minutes de séjour. D'autres n'élèvent la température de l'eau que jusqu'au quarantième degré Réaumur et laissent infuser pendant une ou deux heures. D'autres ont observé qu'il suffit d'élever l'eau du cuvier à 22 degrés par la chaleur de l'atelier où l'on travaille. Le plus grand nombre emploie la macération dans l'eau. Elle s'exécute dans des cuviers de bois, et dans des ateliers où la température s'élève co[n]s-

tamment de 20 à 24 degrés pour que l'eau des cuviers soit de seize à dix-huit degres. Ils ne doivent pas contenir chacun plus de 200 kilog. de feuilles; leur profondeur ne doit pas dépasser un demi-mètre ou 18 à 20 pouces. L'eau que l'on emploie doit dissoudre le savon sans grumeaux et être très-limpide; elle doit être à la température avant d'y jeter les feuilles : on les met dans les cuviers et on verse l'eau dessus; on a soin que les feuilles ne soient pas tassées pour que l'eau les pénètre, et qu'elles ne s'échauffent pas plus dans un endroit que dans un autre. D'ailleurs le tassement nuit singulièrement à l'extraction de l'indigo, et il a été observé que deux cents kilogrammes traités dans un cuvier ont donné une égale et meilleure quantité d'indigo que quatre cents kilogrammes traités à la fois dans le même cuvier et de la même manière. On a quelquefois interposé des châssis à claire-voie entre les couches de feuilles; lorsque le cuvier est garni on fixe des planches au-dessus des feuilles sans les presser pour qu'elles restent immergées pendant tout le temps de la macération. Quelques heures après l'immersion des feuilles, l'eau prend une légère couleur de paille; la feuille devient flasque et a une teinte bleuâtre. Peu à peu l'eau acquiert une couleur verdâtre; les feuilles sont souvent parsemées d'un vert foncé tirant sur le bleu; et après quinze heures de macération en regardant l'eau à contre-jour, on voit à sa surface un iris bleuâtre; la feuille acquiert une couleur vert foncé et devient mollasse et sans consistance : on regarde ce dernier signe comme décisif pour prouver que la feuille a fourni à l'eau tout l'indigo qu'elle contient, et qu'il est temps de décuver. Seize à dix-huit heures suffisent ordinairement pour la macération lorsque la température de l'eau a été de seize à dix-huit degrés. La macération est d'autant plus longue que la température est plus basse; mais il serait dangereux de l'élever au-dessus de seize à dix-huit degrés, parce qu'alors il y aurait fermentation et décomposition d'indigo. Dans tous les cas, il vaut mieux décuver plus tôt pour éviter la fermentation qui détruit l'indigo, et le mélange de matières étrangères qui nuisent à la qualité. Plus la feuille est vieille et proche de la maturité, plus la macération est longue. Si la fermentation va jusqu'à produire de l'ammoniaque, tout l'indigo est détruit.

On donne la préférence à un autre procédé de M. Giobert. Après avoir placé les feuilles dans un cuvier, on y verse de l'eau bouillante dans laquelle on a dissous six onces de potasse caustique par cent pintes d'eau. On verse d'abord peu à peu l'eau alcalisée pour bien imbiber les feuilles; on en ajoute ensuite une quantité suffisante pour bien pénétrer la masse; on soutire une partie de la liqueur qu'on reverse sur les feuilles et on continue jusqu'à ce que les feuilles restent affaissées dans le fond du cuvier. On soutire alors toute la liqueur, qui doit être d'un beau vert d'émeraude. Si la liqueur ne présentait pas cette couleur, ce serait une preuve qu'on n'aurait pas employé une suffisante quantité de potasse. Pour prévenir cet inconvénient, on opère d'abord sur une poignée de feuilles, et on s'assure que la proportion est au degré convenable. En soutirant on fait tomber la liqueur sur un tamis fin pour retenir les feuilles et autres corps qui pourraient s'échapper avec l'eau qu'on laisse reposer pendant une demi-heure pour laisser précipiter les parties terreuses; on la décante et on procède au battage que l'on continue jusqu'à ce que la couleur verte ait disparu, et qu'elle soit remplacée par une couleur d'un brun jaunâtre. Un repos de vingt-quatre heures suffit pour opérer la précipitation et le dépôt de l'indigo. On décante la liqueur surnageant le dépôt, on lave ce dépôt deux ou trois fois dans l'eau bien pure et on le laisse dans la cave deux ou trois jours avant de le porter sur la chausse pour le faire égoutter et sécher. Pour s'assurer qu'après le battage la liqueur ne retient plus d'indigo en dissolution, on en prend un peu dans un verre, on y mêle de l'eau de chaux ou de la potasse; si le mélange devient vert, il donnera encore de l'indigo; s'il reste brun, il n'en contient plus. Pour dégager l'indigo dissous dans l'eau, on emploie deux procédés : 1° à l'aide d'un battage prolongé, on le pénètre d'oxygène pour en former un composé insoluble dans l'eau et ramener l'indigo de la plante à l'indigo du commerce, mais cette opération est très-longue; 2° en combinant l'indigo dissous dans l'eau avec une base très-divisée, qui s'empare de toutes les molécules, et forme avec elles un composé qui se précipite : c'est ce qu'on obtient à l'aide de l'eau de chaux. Ainsi, en versant à peu près un cinquième en volume d'eau de chaux, le mélange prend une belle couleur verte; et on précipite ce nouveau composé de chaux et d'indigo par un léger battage opéré à l'aide d'une poignée de baguettes, d'un balai ou de tout autre corps capable d'introduire l'air dans la liqueur. L'écume qui se forme pendant le battage devient blanc, et l'intensité de sa couleur fait présumer quelle sera la qualité de l'indigo.

M. Rouquès compose son précipitant d'eau de chaux dans laquelle il verse de la dissolution de potasse ou une lessive de cendres, jusqu'à ce que le mélange marque un degré à l'aréomètre de Beaumé. L'indigo précipité par ce mélange est constamment plus beau que celui qu'on obtient par la seule eau de chaux. M. Rouquès n'ajoute son précipitant qu'après un premier battage, et au moment où les écumes présentent une belle couleur bleue : après avoir ajouté le précipitant, il continue le battage jusqu'à ce que le grain d'indigo soit bien formé. On a observé que plus le précipitant a été employé en petite quantité, plus l'indigo a été beau; réduit à un dixième, il a été su-

herbe; mais alors le battage a été plus long.

M. Pavie, de Rouen, ajoute un cinq-centième d'ammoniaque au bain de pastel; il mêle cet alcali à la liqueur à mesure qu'on la tire du cuvier et bat le mélange avec soin; l'indigo qu'il obtient est fort beau. Enfin de nombreuses expériences ont établi que la précipitation de l'indigo est favorisée : 1° par la chaux; 2° par la température élevée de la liqueur. En effet, malgré la chaux, le grainage de l'indigo devient impossible si la température de l'eau est à dix degrés au-dessous de celle de l'atmosphère; que cette même liqueur à vingt ou vingt-deux degrés grainera par le battage: que la précipitation sera plus prompte et plus complète à vingt-cinq degrés; et qu'à trente-cinq degrés elle aura lieu sans battage. Si on élève davantage la température, on gagne en vitesse de grainage, mais on obtient de l'indigo noir en proportion des degrés de chaleur; le battage est utile en ce qu'il tend à donner à l'indigo une plus belle teinte, et l'on voit que la couleur bleue de l'écume est plus brillante que celle de l'indigo qui se précipite en masse.

De tout ce qui vient d'être dit, on doit conclure que la chaux, aidée de l'élévation de la température, fait obtenir plus promptement la précipitation de l'indigo, mais il faut se prémunir contre l'abus de ce moyen. La chaux se combine avec trois principes : 1° avec l'indigo; 2° avec une matière végéto-animale qui, séparée de la chaux par les acides, reste insoluble dans l'eau, a la couleur d'un vert foncé, et se combine aisément avec la chaux, les alcalis et l'indigo; 3° avec une matière jaune, soluble dans l'eau lorsqu'on l'a séparée de la chaux par les acides. La combinaison de la chaux avec l'indigo se précipite la première, celle avec la matière verte la seconde, et enfin la combinaison jaune la dernière. D'où il suit qu'il y a un grand inconvénient à employer trop de chaux, parce qu'alors on en fournit une quantité suffisante pour opérer sa combinaison avec les deux derniers principes dont le mélange altère la pureté de l'indigo. Donc les couches inférieures du dépôt doivent donner un indigo plus pur que celles supérieures, ce qui est conforme à l'observation. Lorsque l'indigo s'est précipité au fond du cuvier, on décante l'eau qui surnage, et on verse sur le dépôt une nouvelle quantité d'eau pure, dans laquelle on agite la fécule pour la dépouiller de tout ce qu'elle peut contenir de soluble dans ce liquide; on laisse reposer, on décante et on renouvelle cette opération jusqu'à ce que la fécule ne colore plus l'eau. On passe ensuite cette fécule à travers un tamis fin pour en séparer la terre et le sable qu'elle peut contenir, et on porte ensuite cette pâte sur des filtres ou dans des manches pour la faire égoutter et lui donner une certaine consistance. Lorsque la fécule sort des filtres, on la place dans des caissons de bois blanc d'un demi-mètre de largeur sur huit décimètres de longueur, et un décimètre de hauteur; on garnit le fond avec du papier gris ou du plâtre fin pour absorber l'humidité, on étend une toile dessus, ensuite l'indigo en couches très-minces qu'on retourne et pétrit quatre ou cinq fois par jour avec une truelle de cuivre; on peut aider la dessication par la chaleur du soleil ou une chaleur artificielle sèche. Lorsque l'indigo a pris une certaine consistance, on l'entaille par des lignes d'abord un peu profondes, et graduellement jusqu'à la section en cubes. Pour terminer la dessication, on place ces cubes sur du papier gris dans des châssis de toile, et on les laisse exposés à l'air jusqu'à ce que, en cassant l'angle d'un de ces cubes, on entende un petit cri. Il ne reste plus à faire subir à l'indigo que l'opération du ressuage. On met les cubes d'indigo desséchés, comme il vient d'être dit, dans un baril qu'on recouvre avec le plus grand soin. Dans peu de jours l'indigo exhale une odeur forte et désagréable; sa surface se couvre de taches blanches, de moisissures et de gouttes d'eau; il s'échauffe et acquiert une chaleur de six degrés au-dessus de celle de l'atmosphère. Trois semaines ou un mois après, l'humidité a disparu; il ne reste plus que des points blancs sur l'indigo de bonne qualité et de la moisissure sur l'autre. On enlève facilement la moisissure, mais les points blancs sont plus adhérents. Le ressuage donne à l'indigo une belle couleur bleue et veloutée, mais la couleur cuivrée ne se développe que lorsque l'indigo est parfaitement desséché. L'indigo ne doit point être extrait du ressuage qu'il ne soit parfaitement desséché, sans cela, sa surface s'écaillerait et on perdrait beaucoup d'indigo. Dans cet état l'indigo-pastel peut être livré au commerce, et il ne tardera pas à être apprécié par les teinturiers : 1° parce que son principe colorant est absolument et rigoureusement le même que celui de l'indigo de l'Inde; 2° parce qu'il ne demande pas de nouveaux procédés pour son emploi. On pourrait ajouter à la pureté de l'indigo et lui donner par le raffinage un degré de pureté égal au guatimala; mais cette opération demande des connaissances particulières, et il convient de laisser ce soin aux teinturiers plus à même d'apprécier le degré de puissance colorante. Il convient mieux aux cultivateurs de cultiver et extraire l'indigo des feuilles du pastel, cette opération n'exigeant que peu de frais d'établissement, qui se borne à quelques cuviers et de bonne eau assez abondante. La livre de l'indigo-pastel pourra être livrée pour six à sept francs, et, pour les effets, elle représente une demi-livre d'indigo des Indes (1).

Nouveau procédé pour teindre en bleu par la cuve montée à chaud au moyen du pastel. — De tous les procédés connus, celui que M. Pavie, teinturier à Rouen, emploie, est le plus économique, puisqu'il donne le bleu le

(1) *Voir le Moniteur* de 1812, p. 338

plus solide et le plus beau; il s'applique à la soie comme à la laine, et même au fil de lin et de coton, lorsqu'il est exécuté avec le soin et l'intelligence nécessaires; mais le succès de ce procédé dépend de la manière de cultiver le pastel, et particulièrement de le récolter. L'auteur s'étant convaincu, par le gouvernement journalier de la cuve de bleu à chaud, que les contrariétés que l'on éprouve souvent dans cette opération ne pouvaient provenir que des états divers où se trouve la plante, à raison de la manière dont elle est récoltée, et du plus ou moins de fermentation qu'elle a subi, a conçu le projet de cultiver lui-même l'*isatis tinctoria*. Il fit préparer trois acres de terre qui furent ensemencés au commencement de mai. Le premier le fut avec la graine de l'isatis, qui croît naturellement sur les rochers de Saint-Adrien; le second avec la graine de celui qu'on cultive dans le département du Calvados; et le troisième avec la graine d'une espèce que l'on cultive à Alby : cette dernière est supérieure en qualité à celle du Calvados; ses feuilles sont plus larges, plus longues et plus lisses. On donne un premier sarclage aux jeunes plantes au commencement de juin, et un second dans le courant de juillet. Au mois d'août suivant, deux acres seulement, ceux ensemencés avec la graine provenant du Calvados et la graine tirée d'Alby furent coupés dans la même journée, et les plantes étendues sur le sol jusqu'au lendemain à quatre heures de l'après-midi, où elles furent mises en petits tas pour passer la nuit. Le lendemain elles furent étendues sur la terre à neuf heures du matin. Dans cette opération, M. Pavie a observé que les tas étaient extrêmement chauds, ce qui démontre que cette plante fermente avec une certaine activité. La chaleur s'est manifestée dans l'isatis du Calvados pendant trois jours et dans celui d'Alby pendant quatre, en diminuant toujours progressivement. L'isatis du Calvados resta étendu pendant six jours. et celui d'Alby deux jours de plus. Sa dessication fut moins prompte parce que la plante était plus forte. Si on ne rencontrait pas un temps très-favorable pour récolter cette plante, il serait impossible de l'obtenir sans fermentation, eu égard à la facilité avec laquelle elle passe à la fermentation. Le troisième acre, ensemencé avec l'espèce qui croît naturellement sur les rochers de Saint-Adrien, fut consacré à une expérience concernant les vaches qui donnent du lait bleu, d'après l'invitation qui en fut faite à l'auteur par M. Tessier. Ce dernier, s'étant transporté à Saint-Adrien, se procura une quantité considérable de cette plante qui, après la dessication, donna un produit de cent trente livres pesant. La plante fut fanée sur le sable; la dessication ne dura que quatre jours; trois même auraient suffi, parce que la plante était beaucoup plus petite et que le sable sur lequel elle était étendue a pu en hâter la dessication.

M. Pavie a observé dans l'isatis de Saint-Adrien la même disposition à fermenter qu'il avait remarquée dans les autres espèces. Voici la série des opérations exécutées avec l'isatis, comparativement aux différentes méthodes employées dans sa culture : quatre grandes cuves, ayant chacune trois mètres de profondeur sur deux mètres de diamètre dans le bas et un mètre soixante-six centimètres dans le haut, furent emplies d'eau chaude à soixante-quinze degrés du thermomètre de Réaumur; on a mis dans la première, n° 1, cent vingt livres d'isatis cultivé et récolté dans la commune de Luc (Calvados) d'après la méthode en usage dans ce département, et fermenté. Dans la seconde, n° 2, cent vingt livres d'isatis des roches d'Adrien non fermenté. Dans la troisième, n° 3, cent vingt livres d'isatis récolté dans la commune de Belleville-en-Caux, et provenant de la graine du département du Calvados, mais préparé sans fermentation. Enfin dans la quatrième, n° 4, cent vingt livres d'isatis provenant de graine d'Alby, cultivé aussi sur la même terre et récolté sans fermentation. Après avoir ajouté à chacune de ces cuves six kilogrammes d'indigo broyé et amené à une consistance huileuse, sans autre ingrédient quelconque, elles furent bien palliées. On nomme *pailler* la cuve, agiter avec un rable le bain et amener la pâtée ou le fond à la surface. Le lendemain, de grand matin, les numéros 2 et 3 se trouvèrent dans un état de fermentation satisfaisant. On reconnut cet état en heurtant ces cuves, c'est-à-dire en plongeant la palette du rable avec rapidité de la surface du bain à l'intérieur, jusqu'au pied de la cuve que l'on nomme pâtée. Toutes les bulles d'air qui parurent alors à la surface du bain étaient d'un bleu clair et très-vif : le pied était moelleux et donnait déjà, exposé au contact de l'air, une légère variation de nuance : les cuves avaient l'odeur fade de la plante; mais après leur avoir donné un *tranchoir* (1) de chaux du poids de une livre et demie, pendant qu'on les palliait, cette odeur fade disparut sans qu'il se manifestât aucune autre odeur. La fleurée augmentait à vue d'œil, et offrait une couleur bien cuivrée, les veines bleues s'apercevaient bien distinctement à la surface du bain durant cinq minutes, toujours pendant le palliage; on donna à chacune des cuves encore un tranchoir de chaux, ce qui détermina une odeur ammoniacale qui piquait un peu au nez; les cuves furent laissées en cet état pendant quatre heures. Le n° 4 était dans un état de fermentation porté jusqu'à l'effervescence, ce qui avait provoqué une quantité de feuilles à se porter à la surface du bain, effet que l'on nomme, en termes de l'art, *semage*. En heurtant la cuve, le bain présenta les mêmes symptômes que les précédents; mais le pied de celle-ci, exposé au contact de l'air, donna une variation de couleur plus déterminée. Cette cuve absorba trois tranchoirs; la fleu-

(1) C'est une petite palette de bois à rebord à laquelle les teinturiers se servent pour prendre la chaux.

rée se montra plus abondante, mais moins réunie et d'un bleu plus terne; les veines bleues à la surface du bain étaient plus larges et plus apparentes. Si l'on eût pallié cette cuve trois heures plus tôt, on aurait évité cette vive effervescence qui a eu lieu par la qualité supérieure de l'isatis. La cuve n° 1 était restée dans un état de stagnation; en la heurtant, les bulles d'air qui parurent à la surface du bain étaient d'un gris sale; le pied était moins moelleux et ne donnait aucune variation de nuance par son exposition à l'air; on lui donna un demi-tranchoir de chaux, et pendant le palliage il se montra un peu de fleurée d'un bleu très-pâle et terne, et on ne put distinguer aucune apparence de veines bleues à la surface du bain. A neuf heures on pallia une seconde fois; les bains des n°s 2, 3, 4 présentèrent le plus bel aspect; en heurtant les cuves, il parut à la surface du bain des bulles d'air qui étaient d'un bleu de roi très-vif. La fleurée était d'un bleu cuivré, bien réunie, ayant beaucoup de relief, imitant la forme de grappes de raisins entassées les unes sur les autres. Le bain et le pied étaient de couleur jaune et olivâtre, qui par le contact de l'air se chargea en une couleur vert bouteille foncé. Pendant le palliage, les veines bleues parurent très-abondamment à la surface du bain, ces trois cuves avaient perdu l'odeur piquante qu'elles avaient manifestée à la fin du second palliage; les n°s 2 et 3 reçurent pendant, qu'on les palliait, deux tranchoirs de chaux; et le n° 4, qui était encore en état de semage, en reçut trois, afin de modérer graduellement l'état de fermentation violente où elle avait été trouvée au palliage précédent, et dont elle se ressentait encore. Elles prirent alors une odeur ammoniacale très-piquante, état où l'on doit tenir ces sortes de cuves, surtout dans les deux premiers jours de chaleur et de travail, et qui doit être ensuite modéré graduellement à raison de leur refroidissement. En heurtant la cuve n° 1 pour la pallier, il parut à la surface du bain de petites bulles d'air qui étaient d'un bleu de ciel très-pâle, ce qui annonçait que la fermentation s'établissait. Le bain et le pied étaient de couleur d'eau verdâtre, ne donnant aucune variation de nuance par leur exposition à l'air. Pendant le palliage, il se manifesta un peu de fleurée bleue, les veines bleues étaient presque imperceptibles; la cuve ne donnait ni odeur fade de la plante, ni odeur piquante d'ammoniaque; elle reçut un tranchoir de chaux qui n'apporta aucun changement dans l'odeur, et, pendant le palliage, cette cuve ne donna aucune apparence d'amélioration, ce qui prouvait qu'elle se ressentait encore de l'état de langueur où on l'avait trouvée au palliage précédent. A midi on découvrit les quatre cuves pour reconnaître leur situation; en examinant les bains n°s 2, 3, 4, ils parurent de couleur olive jaunâtre bien nourrie; les veines étaient très-multipliées et recouvertes d'une pellicule rougeâtre couleur gorge de pigeon. La cuve n° 4 ne se ressentait plus de l'état de fermentation violente qu'elle avait éprouvé. Une goutte de bain de chacune de ces trois cuves fut déposée sur le revers de la main. Elle présenta une nuance de vert très-vif et bien corsé, qui vira d'abord en un vert foncé et ensuite en bleu noir. Cette couleur s'imprima sur l'épiderme d'une manière très-tenace; les bains étaient clairs et limpides. Le bain du n° 1 qui, au palliage précédent, était de couleur d'eau verdâtre, était changé en couleur jaune olive très-pâle. Une goutte de ce bain déposée sur le revers de la main présenta une nuance de vert pistache, et ne laissa aucune trace sur l'épiderme. Le bain n'était pas très-clair, on mit dans chacun de ces quatre cuves un échantillon d'étoffe de laine; ces échantillons restèrent déposés dans le bain pendant trente minutes, au bout duquel temps ils en furent retirés. Les échantillons des n°s 2, 3, 4, avaient acquis une nuance de vert corsé et bien nourri, qui à l'air fonçait graduellement. Ils conservèrent une teinte de vert pendant vingt minutes, et présentèrent une couleur bleu de roi foncé, bien tranchée et très-brillante.

Les cuves étaient alors en état de travailler. En conséquence on abattit dans chacune d'elles une mise composée de trois frocs de Bernay, du poids de 18 à 20 livres chacun. Ces étoffes y furent manipulées pendant trente minutes; on les retira ensuite de la cuve en les tordant, afin de les éventer pour les faire déverdir. On abattit ensuite de nouveau; on manipula pendant le même espace de temps que la première fois, puis on les retira; après avoir été bien déverdies, les pièces se sont trouvées teintes en bleu très-foncé et brillant. Après ce travail on pallia les cuves, leurs bains qui étaient de couleur olive jaunâtre se trouvèrent d'une nuance vert foncé. Les pieds ou pâtées étaient toujours restés de couleur olive jaunâtre. Mais au contact de l'air, au lieu de virer vert bouteille foncé comme au palliage précédent, elles virèrent au vert bleuâtre, ce qui est l'indice de la situation la plus convenable à ces sortes de cuves. L'odeur des cuves n° 2 et 3 était faiblement piquante; après avoir donné à chacune d'elles un tranchoir de chaux, l'odeur ammoniacale piquant un peu au nez se rétablit aussitôt. L'odeur du n° 4 était extrêmement affaiblie, elle était devenue très-douce et fade. Pour modérer la trop grande activité de la fermentation dans cette cuve, on lui administra deux tranchoirs de chaux, ce qui lui donna l'odeur piquante des n°s 2 et 3. La couleur de l'échantillon de la cuve n° 2 n'avait aucune qualité; elle était d'un gris sale; en la heurtant pour la pallier, les bulles d'air qui parurent à la surface du bain se trouvèrent d'un bleu clair assez vif; le pied était plus moelleux et de couleur olive jaunâtre, exposé à l'air il virait en couleur olive verdâtre et avait l'odeur fade de la plante. Tous ces indices annonçaient que la fermentation était établie. On lui donna un tranchoir de chaux, la fleu-

rée acquit une couleur bleu foncé cuivré violet, sa forme était de qualité meilleure; elle augmenta aussi un peu, les veines bleues parurent distinctement à la surface du bain, l'odeur fade disparut, sans cependant avoir rien de piquant. On lui donna encore un tranchoir de chaux, et l'odeur ammoniacale piquant au nez se manifesta à l'instant. A six heures du soir on teignit dans les cuves 2, 3, 4, une pareille mise d'étoffes qui furent manipulées comme les précédentes, à l'exception qu'on les tint en cuve à leur première entrée quarante-cinq minutes, et autant de temps à la deuxième entrée, qu'on nomme *rejet*. Ces étoffes se sont trouvées d'une nuance égale à celle des précédentes. On pallia les cuves, et on donna à chacune d'elles un tranchoir de chaux.

L'auteur fait observer qu'on ne pourrait réitérer cette manœuvre sans exposer les cuves à une maladie qu'on nomme *vert-brisé*. Il est reconnu que les cuves du genre de celles-ci ne doivent travailler que trente minutes à l'entrée et autant au rejet, et qu'il faut ensuite les pallier et leur laisser au moins trois heures de repos.

En heurtant la cuve n° 1 pour la pallier, on remarqua les mêmes symptômes pour le bain et le pied qu'on avait aperçus aux n°s 2 et 3, au palliage fait à neuf heures du matin, excepté que l'odeur piquante qui avait disparu de ces deux cuves s'était conservée dans celle-ci; aussi ne lui donna-t-on qu'un tranchoir de chaux. Le lendemain de bonne heure on abattit, dans chacune des quatre cuves, une pareille mise d'étoffes qui ont été manipulées le même espace de temps et de la même manière. Ces étoffes en sont sorties ayant une couleur bleu de roi. Les pièces teintes dans la cuve n° 1 n'étaient pas plus foncées, quoique ce fût la première mise et que les autres en eussent déjà teint deux précédemment. L'auteur ajoute que pendant les quatre jours suivants du travail de ces cuves, et trois autres semaines durant lesquelles elles ont été réchauffées trois fois, le n° 1 a toujours présenté un déficit très-sensible dans son produit. Au quatrième réchaud on lui donna vingt-cinq livres d'isatis ordinaire d'Alby, avec lequel on avait monté la cuve n° 4; après cette addition, elle donna absolument le même produit que les trois autres cuves.

D'après ces expériences, l'auteur pense que la manière dont on récolte la vouède dans le département du Calvados est très-préjudiciable aux teinturiers; il assure que les cuves montées avec le pastel fermenté ne durent qu'un an ou dix-huit mois au plus, tandis que celles montées avec l'isatis non fermenté peuvent durer des siècles; il dit avoir conservé ces dernières pendant vingt-cinq années consécutives. La quantité et la qualité de l'indigo pour monter ces cuves sont subordonnées à la quantité et à la qualité des marchandises que l'on a à teindre: par exemple, pour les cuves où l'on aurait mis six kilogrammes d'indigo on aurait pu en mettre jusqu'à sept kilog. et demi; une plus grande quantité nuirait aux intérêts des teinturiers. Il n'en est pas de même pour la chaux: on ne peut en déterminer la quantité en raison de celle de l'indigo, ni même de la quantité d'isatis qu'on emploie; la quantité de chaux est subordonnée au degré de fermentation qui s'établit. Ce degré de fermentation dépend de la quantité des matières qui la produisent: il dépend encore de l'état de l'atmosphère, du plus ou moins de chaleur du bain, du refroidissement plus ou moins prompt, de la quantité et de la qualité des étoffes que l'on teint.

L'odorat paraîtrait être le seul guide auquel il faudrait s'en rapporter pour gouverner les cuves de bleu à chaud; mais la moindre indisposition dans cet organe pouvant induire dans des erreurs capitales et exposer le teinturier à de grandes pertes, l'auteur indique un moyen de reconnaître, au simple coup d'œil, le véritable état d'une cuve, et par conséquent de quelle manière on doit la nourrir, c'est-à-dire lui donner la quantité de chaux convenable. Lorsqu'une cuve dans les premiers jours de réchaud présente à l'œil un bain de couleur olive jaunâtre; que les veines bleues qui sont à la surface sont très-multipliées, prolongées et réunies entre elles, recouvertes d'une pellicule rougeâtre gorge de pigeon; qu'en soufflant sur le bain, les veines se rompent et se partagent à cet endroit; qu'elles se réunissent avec la même rapidité qu'elles ont été séparées, qu'elles forment à l'endroit de leur réunion un point bleu sous forme de nœud; que la fleurée est bien réunie, d'une couleur bleu cuivré violet; qu'elle imite la forme de plusieurs grappes de raisins entassées les unes sur les autres; qu'en clapotant le bain avec un petit bâton, les cloches qui paraissent à la surface restent un moment sans s'affaisser; qu'une goutte du bain déposée sur le revers de la main paraît à l'instant d'un vert vif, virant d'abord en vert très-foncé, puis en bleu noir, et qu'une nuance de ce bleu reste imprimée sur l'épiderme; enfin que le bain est clair et limpide; que le pied de couleur olive jaunâtre exposé à l'air devient vert bleuâtre: alors on est assuré que la cuve est dans le meilleur état possible, et il faut dans ce cas la nourrir avec modération. Si au contraire on n'aperçoit pas la pellicule rouge gorge de pigeon; que les veines soient plus abondantes et plus larges en certains endroits que dans d'autres, et qu'en soufflant dessus elles ne se réunissent que très-lentement ou même qu'elles ne se réunissent point; que la fleurée ne soit pas bien réunie et qu'elle soit plus abaissée; qu'en clapotant le bain avec un petit bâton, les cloches qui se forment s'affaissent très-rapidement; qu'une goutte du bain déposée sur le revers de la main paraisse d'un vert olive jaunâtre, virant d'abord au vert bouteille, puis au bleu; et que l'épiderme s'imprime faiblement de cette couleur; enfin que le pied exposé à l'air devienne vert bouteille, c'est une preuve que la cuve est très-douce, et qu'elle a grand

besoin de nourriture, c'est-à-dire de chaux. En administrant la chaux dans les cuves, on remarque que quand la cuve est en bon état, la chaux reste quelques instants à la surface du bain comme si la cuve refusait de la recevoir, et que si le contraire existe, la cuve s'en empare avec une rapidité étonnante, au point que les premier et deuxième tranchoirs de chaux disparaissent à l'instant. En palliant une cuve à laquelle on donne de la chaux, on reconnaît si elle en est suffisamment pourvue à une pellicule de couleur grisâtre qui surnage comme un corps gras à la surface du bain, malgré le mouvement occasionné par le palliage. Dans ce cas il faut suspendre toute nourriture, et, si on l'aperçoit encore au palliage suivant, continuer la diète, sans quoi on s'exposerait à mettre la cuve hors de travail, en empêchant la fermentation de s'établir. On reconnaît ce même état de la cuve à l'odorat, lorsque l'odeur ammoniacale piquant au nez se fait sentir jusque dans la gorge.

L'auteur parle ensuite de quelques maladies auxquelles les cuves de bleu sont exposées lorsqu'elles sont mal conduites : cuves *rebutées*. On reconnaît qu'une cuve est rebutée, lorsque, le lendemain du réchaud, le bain et la pâtée paraissent de couleur olive vert brunâtre ; que les veines de la surface du bain sont très-minces ; qu'en heurtant la cuve avec le rable, les bulles d'air qui restent à la surface restent longtemps à s'affaisser ; que l'odeur est âcre ; qu'au toucher, le bain paraît légèrement rude entre les doigts. Une cuve qui offre ces apparences est faiblement rebutée, c'est-à-dire un peu trop garnie de chaux ; il faut supprimer la nourriture au palliage et laisser la cuve sept à huit heures en repos, et quelquefois davantage, pour donner le temps à la fermentation de se rétablir. Si, au contraire, on la palliait de trois en trois heures, comme cela se pratique lorsqu'elle est en bon état, elle pourrait rester plusieurs jours sans se rétablir, ce qui prouve que ces cuves ne doivent être palliées qu'à propos. Mais lorsque, le lendemain du réchaud, le bain ne présente aucune nuance de couleur déterminée ; qu'une goutte placée entre l'œil et la lumière paraît claire comme de l'eau ; que le pied de couleur brune rougeâtre ne varie point par son exposition au contact de l'air, qu'il n'a aucune odeur déterminée ; qu'au toucher, le bain et le pied sont rudes ; qu'en heurtant la cuve, les bulles d'air qui viennent à la surface sont d'un blanc grisâtre et font entendre une espèce de sifflement ; qu'on n'aperçoit ni veines bleues ni fleurées, on peut alors être certain que la cuve est tout à fait rebutée.

Voici le moyen qu'on emploie pour rétablir une cuve rebutée : on met un boisseau de son dans un sac, auquel on attache un poids de douze livres pour le forcer à descendre sur la pâtée ; on le laisse dans la cuve depuis six jusqu'à douze heures, plus ou moins à raison de l'état de la cuve. Au moment où le sac s'élève de lui-même à la surface du bain, malgré le poids de douze livres qui tend à le contenir au fond, la personne qui surveille ce mouvement s'en saisit et le tire promptement hors de la cuve. Par ce moyen on perd beaucoup de bain qui est chargé d'une assez grande quantité de substance colorante. Le motif qui détermine à suivre cette pratique, c'est qu'on se persuade que le sac descendu au fond de la cuve a dû s'emparer de la surabondance de chaux qu'elle contenait. On appuie cette opinion sur ce qu'on aperçoit une liqueur blanchâtre qui s'échappe du sac lorsqu'on le retire du bain, et sur ce qu'il exhale une odeur forte et désagréable. On pense aussi que si l'on ne saisissait pas le sac à l'instant où il monte à la surface, il restituerait, en redescendant, toute la chaux dont on croit qu'il a dû se charger.

M. Pavie ne partage point cette opinion ; et pour se rendre compte des effets de cette opération, il fait les remarques suivantes sur une cuve entièrement rebutée. Au bout de neuf heures quinze minutes, le sac de son a monté à la surface du bain où il a surnagé sept minutes ; quarante-cinq minutes après il s'est élevé de nouveau, et n'a surnagé que quatre minutes; en redescendant la seconde fois, il fit monter à la surface du bain des bulles d'air qui étaient de couleur bleu céleste assez vif, ce qui annonçait qu'il avait produit un bon effet, et que la cuve avait besoin non-seulement d'être palliée, mais même de nourriture ; l'auteur n'en donna pas, afin d'examiner avec plus de soin l'effet que le son produirait. Il abandonna le sac jusqu'au lendemain cinq heures du matin : on le trouva alors à la surface du bain où il avait entraîné avec lui une grande quantité de pâtée; s'il y eût resté quelques minutes de plus, la cuve aurait été complétement décomposée ou coulée. D'après cette expérience, il est facile d'apprécier l'effet que produit le sac de son dans une cuve entièrement rebutée. Le son, susceptible de fermentation, devient, à l'aide de la chaleur, un principe de fermentation pour l'isatis; de cette fermentation combinée, ou peut-être de la fermentation du son seul, résulte la formation de l'acide acétique. La chaux excédante, neutralisée par cet acide, ne s'oppose plus à la fermentation, qui se rétablit alors avec activité et détermine dans la masse de liqueur un mouvement suffisant pour porter le sac de bas en haut, et le soutenir pendant quelques minutes à la surface. L'odeur putride du sac, après la fermentation du son, est la même que celle des eaux acides des amidonniers, et s'explique par les mêmes principes. Le degré de fermentation déterminé par l'effet du sac est quelquefois si violent, que, si on ne le modérait pas par l'action de la chaux, la fermentation changerait bientôt de nature, et deviendrait une véritable fermentation putride qui entraînerait la perte totale de la cuve. Les symptômes auxquels on reconnaît une cuve rebutée pendant qu'elle travaille, c'est-à-dire après quelques jours de réchaud, diffèrent entre

eux. Le bain et le pied se présentent sous des formes diverses. Dans un cas, le bain et la pâtée paraissent d'une couleur olive vert brunâtre, et dans l'autre d'une couleur olive jaune rougeâtre. Les veines, dans l'un et l'autre cas, sont très-minces; en soufflant dessus pour les diviser, elles ne se réunissent point ou très-lentement. Ce bain, placé entre l'œil et la lumière, ne donne qu'une très-légère nuance d'olive clair et terne. Le pied, exposé à l'air, varie très-peu; le toucher du bain et du pied sont rudes, l'odeur est âcre, d'où l'on doit conclure que la fermentation n'a pas lieu. Les circonstances obligent quelquefois de travailler sur ces cuves. Outre qu'on n'obtient que des bleus ternes et peu tranchés, on aggrave le mal en ajoutant à la maladie des cuves rebutées celle du vert brisé : à chaque opération, les cuves déclinent tellement, qu'en moins de vingt-quatre heures elles ne produisent plus aucune nuance de couleur. La cuve coulée ou décomposée, après quelques jours de réchaud, est très-facile à reconnaître par son odeur putride; elle arrive par degrés à l'état de décomposition, et l'on s'en aperçoit lorsque le bain et le pied paraissent de couleur d'argile rougeâtre et qu'exposés à l'air ils virent au vert jaunâtre. Le bain est doux au toucher et le pied mollasse; les veines sont très-larges; en soufflant dessus, elles se divisent et se réunissent très-lentement; l'odeur est douce et fade. Il est alors indispensable de réchauffer la cuve et de lui administrer deux tranchoirs de chaux. Si, au lieu de la réchauffer, on la fait travailler, cette cuve fait des nuances plus foncées et plus brillantes qu'avant, mais moins solides; ce qui fait présumer que par une fermentation forcée la cuve tiendrait en suspension une plus grande quantité d'indigo. Si on la fait travailler, on la trouve quelques heures après totalement décomposée, et en très peu de temps en putréfaction complète, exhalant une odeur fétide très-désagréable; ce qui a fait croire qu'il fallait s'empresser de jeter ce bain. A la vérité, en examinant soigneusement le pied et le bain de ces cuves, quelle que soit la quantité d'indigo qu'elles contiennent, il est impossible d'en reconnaître un atome. Cependant, en les traitant comme il est dit ci-dessus, on n'en perd pas la moindre partie.

L'auteur assure que la méthode qu'il recommande lui a toujours parfaitement réussi. Il observe néanmoins que lorsqu'on administre la chaux à une cuve en état de décomposition, il ne faut pas passer trop rapidement d'une extrémité à l'autre. Il est incontestable que l'état de putréfaction commencée où s'est trouvée cette cuve a enlevé en apparence, pour l'instant, la substance colorante de l'indigo; il est de même reconnu que l'excès de chaux dans une cuve, arrêtant la fermentation, ne ferait qu'accumuler les accidents. M. Pavie a vu dans quelques ateliers des cuves ainsi gouvernées qui étaient restées plusieurs mois en stagnation. C'est dans ces cas extraordinaires que les réactifs sont indispensables, mais ils exposent à de grands inconvénients, donnant une odeur compliquée tout à fait étrangère à l'odeur de la cuve. Le *vert brisé* est une maladie peu connue des teinturiers; elle est provoquée par plusieurs causes : soit en employant du pastel qui a trop fermenté dans sa préparation, ou du pastel de seconde coupe récolté avec fermentation; soit en faisant travailler trop longtemps et trop souvent une cuve qui n'était pas en état; soit en la laissant manquer de nourriture, ou lui en donnant ensuite trop abondamment. Tous ces moyens tendent à troubler le mouvement de fermentation convenable à ces sortes de cuves. On reconnaît cet état aux symptômes suivants : lorsque le bain et le pied de couleur olive vert rembruni, étant exposés à l'air, ne varient pas de nuance; qu'il y a très-peu ou point de fleurée; que les veines sont presque imperceptibles; que le toucher n'est ni rude ni doux; qu'il n'y a point d'odeur déterminée; qu'en heurtant la cuve les bulles d'air sont de couleur grisâtre, et que les marchandises que l'on teint sortent de nuance bleue grisâtre très-terne : alors il faut réchauffer la cuve, sans lui donner de chaux; on peut seulement lui donner quelques livres d'isatis récolté sans fermentation, et en moins de douze heures la fermentation est complétement rétablie. D'après ce qui vient d'être dit, il est facile de se convaincre que la fermentation à un degré quelconque doit être entretenue; que la moindre interruption, occasionnée par quelque cause que ce soit, met la cuve en danger. Pour prévenir tous ces accidents, il est un moyen bien simple, celui de faire usage du pastel récolté sans fermentation. Voici les avantages de cette pratique : une cuve est en œuvre plus promptement; on peut y teindre la laine comme la soie, le fil de lin comme le coton, et elle dure tant qu'on veut. Avec le pastel fermenté la cuve ne dure qu'un an à dix-huit mois au plus, au bout duquel temps il faut jeter le bain et le pied. Il est d'ailleurs plus facile de modérer par l'addition de l'alcali la fermentation dans une substance fermentescible, que de la provoquer dans une substance qui est moins susceptible de fermentation. Il est bien plus rare de rencontrer des cuves tout à fait rebutées, l'odeur en est toujours plus déterminée, et si l'on s'aperçoit qu'elle ait quelque chose de dur ou d'âcre, trois ou six heures au plus de diète suffisent pour la rétablir, et même sans interrompre le travail. Si, par un cas extraordinaire, la cuve se trouve tout à fait rebutée au premier réchaud, il faut lui donner depuis quinze jusqu'à vingt-cinq livres d'isatis non fermenté; ce qui rétablit promptement le mouvement fermentatif. Il en est de même pour les cuves coulées ou décomposées, et pour le vert brisé. Le point principal est de rétablir la fermentation et ensuite de la modérer convenablement (1).

(1) *Société d'encouragement*, 1811, t. X, pages 190 et 259. — *Dictionnaire des découvertes*.

PATE CÉRAMIQUE (Boutons en). — La fabrication des boutons en pâte céramique est une industrie toute récente. Il y a douze ans environ, elle prenait naissance en Angleterre. M. Prosser, le premier inventeur, avait concédé l'exploitation de ses brevets à deux manufactures célèbres, celle de MM. Minton et Comp., à Stoke-upon-Trent, et celle de MM. Walter Chamberlain et Comp. à Worcester.

Les indications que nous allons donner sur la fabrication par le procédé Prosser nous permettront d'apprécier toute l'importance des progrès que les inventions de M. Bapterosses ont introduits dans cette nouvelle industrie.

Dans le procédé Prosser, la pâte formée généralement d'éléments fusibles, tels que le feldspath et le phosphate de chaux, afin de donner au bouton cuit une translucidité suffisante, était moulée tout à fait sèche. On lui donnait le liant indispensable pour le moulage et le maniement des boutons moulés à l'aide d'un corps gras chauffé à une douce chaleur avec la pâte. La poudre préparée était moulée à l'aide de petites machines à balanciers qui frappaient les boutons un à un. Après le moulage, ils étaient placés à la main sur des rondeaux en terre cuite, et encastrés dans des manchons que l'on superposait dans les fours où l'on cuit la porcelaine tendre à la manière anglaise. La cuisson des boutons s'opérait, dans ces fours à feu intermittent, de la même manière que celle des porcelaines qu'on y plaçait en même temps.

Les procédés dont M. Bapterosses est l'inventeur diffèrent radicalement, à plusieurs égards, des procédés anglais; leur invention remonte à l'année 1843. M. Bapterosses, mécanicien distingué et connu déjà par plusieurs inventions utiles, conçut l'idée d'une machine qui pût mouler à la fois, par un seul coup de balancier, un grand nombre de boutons. Cette idée était réalisée dès l'année suivante, et M. Bapterosses prit, le 4 novembre 1844, un brevet d'invention pour une presse pouvant frapper cinq cents boutons à la fois. Il s'occupa ensuite des autres parties de la fabrication, qui étaient tout à fait étrangères à ses occupations antérieures. Après des essais variés, il arriva à trouver la composition des pâtes dont il se sert aujourd'hui, et les procédés de cuisson si ingénieux dont il nous reste à rendre compte.

M. Bapterosses fabrique deux qualités de boutons : les boutons dits agate et les boutons strass.

La pâte à boutons agate est composée de feldspath lavé aux acides pour le débarasser de l'oxyde de fer, et d'une petite proportion de phosphate de chaux. La pâte des boutons strass est composée de feldspath; une petite quantité de lait mélangée à la pâte lui donne le liant nécessaire pour qu'elle puisse se mouler après une dessication convenable. Une seule presse peut mouler, comme nous l'avons dit, jusqu'à cinq cents boutons à la fois, et l'ouvrier qui la dirige peut frapper en moyenne deux à trois coups par minute. En tombant de la presse, les boutons viennent se ranger d'eux-mêmes sur une feuille de papier maintenue par un cadre en fer rectangulaire, d'où par un tour de main très-simple et très-ingénieux, comme nous l'indiquerons tout à l'heure, ils se trouvent placés sur la plaque de terre qui sert à leur cuisson.

Les fours qui servent à la cuisson des boutons sont ronds ou rectangulaires, mais le principe de leur construction est le même dans les deux cas.

Le foyer est central comme dans les fours à cristal. Un certain nombre d'arches se partagent l'espace à l'entour du foyer, et chacune d'elles reçoit six ou sept moufles superposées. La flamme s'élève du foyer jusqu'à la voûte du four, pour redescendre dans chacune des autres, et en circulant tout à l'entour des moufles, jusqu'à des carneaux placés à la partie inférieure, et qui vont se réunir dans une cheminée centrale. Les fours ronds de M. Bapterosses ont soixante moufles, les fours rectangulaires n'en ont que vingt-huit; ils peuvent rester en feu plusieurs mois consécutifs sans avoir besoin de réparations. Chacune des moufles peut recevoir une plaque en terre réfractaire de la même dimension que la feuille de papier sur laquelle se sont rangés les boutons au sortir de la presse. Quand la plaque est rouge, l'ouvrier vient poser dessus la feuille de papier recouverte de boutons. Le papier brûle, et les boutons se trouvent rangés sur la plaque de terre rouge dans la disposition symétrique qu'ils avaient au moment du moulage. Les plaques sont remises au four; elles y restent pendant dix minutes environ, temps suffisant pour la cuisson. On retire la plaque, on enlève d'un coup de rable les boutons qui la recouvrent, et, comme elle a conservé presque toute sa chaleur, elle peut servir immédiatement à une nouvelle opération. Un four de soixante moufles, qui peut cuire, en vingt-quatre heures, cinq cents masses de boutons, brûle dans le même temps environ 6,000 kilog. de houille. Un ouvrier est attaché à chaque rangée de moufles, et travaille pendant douze heures consécutives.

Nous pourrions citer également, comme perfectionnements accessoires de l'invention de M. Bapterosses, les moulins dont il se sert pour le broyage des matières premières, les instruments tels que la *tournette*, qui servent à la manœuvre des plaques, les appareils pour recevoir les boutons cuits. Tous les procédés imaginés par M. Bapterosses portent avec eux un caractère d'ingénieuse simplicité qui fait le plus grand honneur à l'esprit d'invention de leur auteur.

En introduisant dans la pâte des boutons différents oxydes métalliques, M. Bapterosses obtient des boutons de couleur teints dans la masse. On a préparé des boutons bleus de nuances diverses avec l'oxyde de

sel de cobalt seul ou mélangé d'oxyde de zinc, des verts de diverses nuances avec l'oxyde de chrome, des gris avec l'oxyde de nickel, des bruns avec le chromate de fer, etc.

Nous devons signaler également la fabrication des boutons peints par impression, qui prend chaque jour un nouveau développement. Des cylindres d'acier gravés permettent d'obtenir le transport de la couleur sur un papier d'impression sans fin. L'impression s'effectue, par des moyens aussi simples que rapides, sur des boutons collés préalablement sur une feuille de papier. Quant à la cuisson des couleurs, elle s'opère dans des fours analogues à ceux qui servent à la cuisson des boutons blancs, c'est-à-dire à vue et à feu continu, et par des moyens tout à fait semblables à ceux décrits plus haut. Mais ici la température atteint à peine le rouge cerise, tandis qu'elle s'élève jusqu'au blanc dans les fours à cuire la pâte à boutons.

Mentionnons encore ici, comme dignes de remarque, les machines pour piquer les cartes servant à l'encartage des boutons, et les moulins fort bien disposés qu'emploie M. Bapterosses pour le broyage de ses couleurs. L'appareil dont il se sert pour appliquer rapidement des filets d'or autour des boutons mérite aussi d'être signalé pour son élégance et sa simplicité.

M. Bapterosses emploie, dans son établissement de la rue de la Muette, 27 et 29, faubourg Saint-Antoine, plus de sept cents personnes; quatre cents femmes sont employées au dehors pour l'encartage des boutons. Cette dernière opération est la seule qui ne se fasse pas par voie mécanique; aussi l'encartage coûte-t-il 48 à 50 centimes par masse, c'est-à-dire, en moyenne, les 30 pour 100 du prix de la masse des boutons blancs.

Les moyens perfectionnés qu'emploie M. Bapterosses, et la concurrence qui s'est élevée entre ses produits et ceux qui sont obtenus par les procédés anglais, ont amené une baisse considérable sur les prix de vente, et en même temps un accroissement très-grand dans la consommation. Les prix se sont abaissés, de 8 fr. la masse encartée (prix de 1845), à 1 fr. 75 c. La fabrication de M. Bapterosses atteint aujourd'hui de huit cents à mille masses de boutons par jour, y compris cent cinquante masses de boutons imprimés, ces derniers au prix de 4 fr. la masse.

La supériorité des procédés inventés et mis en pratique par M. Bapterosses sur les procédés anglais a amené un résultat des plus honorables pour l'industrie française.

La fabrication des boutons a cessé complétement aujourd'hui en Angleterre, et les cessionnaires du brevet Prosser achètent maintenant à M. Bapterosses les boutons qui se vendent dans ce pays (1).

PEAUX (PRÉPARATION DES). *Voy.* TANNAGE.

PEINTURE EN ÉMAIL. — *Esquisse générale.* On donne le nom d'émail à un verre coloré par un oxyde métallique et rendu opaque par le mélange d'une petite quantité d'oxyde d'étain ou d'autres substances métalliques. Le verre, l'émail de la porcelaine, peuvent être considérés comme des émaux transparents.

Les Egyptiens connaissaient et pratiquaient l'art d'émailler. On a recueilli en Egypte de nombreuses figurines coloriées par un émail, ordinairement en vert ou en bleu, et des caisses de momies exécutées en mosaïques de pierres ou d'émaux de diverses couleurs. Les Babyloniens tapissaient de briques vernissées les murs de leurs temples. Quant aux Grecs, on ne sait pas bien jusqu'à quel point l'émail leur a été familier. D'après beaucoup de connaisseurs, le vernis qui recouvre les vases dits *étrusques* n'est point un émail, et le mot grec qui désigne cette composition ne se trouve qu'au Bas-Empire. L'art de l'émailleur exista certainement chez les Romains. Un vase antique en bronze, découvert en Angleterre dans un tombeau, est orné de peintures émaillées. On sait d'ailleurs que les Romains imitaient les pierres précieuses, et qu'ils entremêlaient leurs mosaïques de cubes de verre coloré et émaillé. La Gaule, de son côté, fit des émaux très-anciennement, et, à ce qu'il semble, avant qu'elle eût pu en recevoir le secret des Romains. On a trouvé dans les tombeaux gaulois, sous les pierres levées, des globules en verre opaque ou translucide, teints en bleu, en vert, en gris, en blanc, des plaques de cuivre émaillées, etc.

D'après une tradition locale, il y aurait eu des émailleurs à Limoges dès les premiers siècles de l'ère chrétienne; mais on ne peut en constater l'existence dans cette ville qu'après l'an 600, et cela même en admettant que saint Eloi ait réuni l'art de l'émailleur à ceux du ciseleur et de l'orfévre. On trouve au reste l'émail mentionné au XIIe siècle dans les tableaux de Philostrate. Les Francs renferment des objets émaillés dans le tombeau du roi Chilpéric; saint Colomban donne de l'argenterie émaillée à l'église d'Auxerre, et la couronne du roi lombard Agilulf est ornée d'une inscription dont les lettres sont émaillées en bleu. Peu à peu l'emploi des émaux va devenir plus fréquent et la manière de les travailler plus parfaite. On les utilisera pendant tout le moyen âge pour embellir les bijoux, les bagues, les agrafes, les colliers, les hanaps, les burettes, les aiguières, les plats, les boucliers, les casques, les poignées d'épées, les manches de couteaux, les fermoirs et couvertures de livres, les bahuts, les tombeaux, les reliquaires, les châsses, les crosses, les calices, et la plupart des objets du culte.

On attribua à saint Éloi, monnayeur et orfévre de Limoges, évêque de Noyon en 640, quelques productions enrichies d'émaux, entre autres une croix en or de hauteur d'homme, qui se trouvait au bout du chœur de l'église de Saint-Denis. Malheureusement ces ouvrages ont disparu. Les plus anciens

(1) *Voy. bulletins de la Société d'encouragement*, année 1851.

échantillons des émaux que nous avons ne remontent pas au delà du VIIIe siècle. Depuis cette époque jusqu'à la fin du XIIe siècle, la matière vitreuse est coulée par juxtaposition dans des creux, et retenue par des saillies de métal : elle forme comme une sorte de mosaïque. La couronne de Charlemagne, à Vienne, a des ornements d'or émaillé; la croix pastorale des évêques de Monza est ornée d'un émail qui représente la figure de Jésus-Christ. Vers le même temps, les Arabes répandent en Espagne et dans le reste de l'Europe le goût des *azuléjos*, briques carrées, émaillées d'un côté et peintes de diverses couleurs. Au IXe siècle la célèbre coupe de Ptolémée, que l'on conserve aujourd'hui à la bibliothèque impériale, avait été transformée en calice, et c'est dans cet état qu'elle avait été donnée à l'abbaye de Saint-Denis. Son pied d'or, ajouté pour le nouvel usage auquel on le destinait, portait une inscription en émail. On trouve dans les écrits d'Anastase le Bibliothécaire plusieurs mentions de tablettes et d'objets d'orfévrerie émaillés en 847, 855, 885, etc. Une crosse ornée d'émail, trouvée à Sens, est attribuée par Willemin à l'archevêque Atalde, mort en 933. On rapporte à Ragenfroy, évêque de Chartres, qui siégea de 941 à 960, une autre crosse émaillée, sur la douille de laquelle on lit cette inscription indiquant le nom de l'artiste : *Frater Willelmus me fecit*. La trace des émailleurs de Limoges se perd au VIIIe et au IXe siècle. Au XIe siècle on y retrouve l'art de l'émailleur entièrement uni à celui de l'orfévrerie ; au XIIe la réputation des émaux limousins est répandue en Angleterre et en Italie ; on les désigne sous les noms d'*opus* de *Limogia*, *Limocenum*, *Limovicence*, *Lemovicinum*, de *labor Limogius*, etc. On cite de cette époque les belles châsses ornées d'émaux de *Chambert*, de *Maussac*, de *Saint-Viunce* (Corrèze), d'*Ambazac*, de *Chalard* (Haute-Vienne), un candelabre de *Tarnac* (Corrèze), et un débris de châsse, possédé par M. Texier, curé d'Aurial, et sur lequel on lit : *Fr. Guinamundus me fecit*. Cet artiste paraît être l'auteur du tombeau de saint Front, qui se trouvait dans la cathédrale de Périgueux, et qui fut détruit par les protestants pendant les guerres de religion. Le tombeau de Henri le Large, comte de Champagne, mort en 1181, était en argent massif orné d'émaux.

Les émaux du XIIIe siècle se distinguent des précédents, par les procédés matériels employés pour les fixer au métal qui les supporte, et par le style des ornements qu'ils servent à former. La substance vitreuse, appliquée sur des feuilles de cuivre convexe, n'y est plus retenue que par l'adhérence de la fonte, et elle produit des tableaux par la seule variété des couleurs. Pendant quelque temps, l'influence du style byzantin se fait encore sentir, et on en voit la trace sur les émaux d'un calice publiés par M. Dusommerard, et qui porte : *Magister C. Alpays me fecit Lemovicarum*. Mais déjà, en 1237, les figures de la châsse de saint Vaury, et les ornements du coffret de Saint-Aurélien de Limoges, ont pris quelques-unes des allures du gothique. L'architecture des châsses se modifie comme celle des églises, et les sujets légendaires qu'on y traite sont composés d'après les idées du temps. Parmi les émaux remarquables du XIIIe siècle on peut noter : les tombeaux de Jean et de Jeanne, enfants de saint Louis, ornés de plaques de cuivre émaillé (à l'abbaye de Royaumont); un coffret dans l'église des bouchers de Limoges; la châsse de Laguêne ; une suspension en forme de colombe dans l'église de Laguêne; une autre dans l'église Saint-Yrieix ; une croix dans le musée de la *Société des antiquaires de Picardie*; une crosse au musée de Poitiers; un buste en vermeil de saint Martin dans l'église de Sourdeille, etc.

En 1235, une confrérie du saint sacrement fut établie à Limoges, entre les orfévres émailleurs, dans la paroisse de Saint-Pierre en Queyroix. Il y avait aussi, en 1317, une manufacture d'émail sur or à Montpellier, et, en 1378, une école d'émailleurs à Avignon, ainsi qu'on le voit par une bulle du pape Grégoire XI. Ce pontife donna, en 1380, à Saint-Martial de Limoges une coupe d'or émaillée sur laquelle on lit : *B. Vidal m'a y.*

Il existe au musée du Louvre, salle des bijoux, un reliquaire qui porte la date de 1339, et dont Jeanne d'Evreux, veuve de Charles le Bel, fit présent à l'abbaye de Saint-Denis; c'est une Vierge en or, tenant l'Enfant Jésus sur le bras gauche, et une fleur de lis dans la main droite; on y voit un exemple remarquable de la méthode d'émaillure dite *en apprêt*.

On a prétendu à tort que la manufacture d'émaux de Limoges avait à peu près cessé de produire au XVe siècle : des émaux et des noms d'émailleurs limousins de cette époque sont parvenus jusqu'à nous; mais au XVIe siècle, l'art d'émailler prit une direction nouvelle, et se plaça à côté de la peinture. On ajouta un fond d'émail blanc entre le métal et la couleur, et l'on put ainsi exposer souvent l'objet au feu et se livrer à de nombreuses retouches. Les Limousin, les Courteys, les Raymond, firent ainsi de véritables tableaux, remarquables par la pureté du dessin et par l'harmonie des couleurs. Les principaux émaux de Léonard Limousin sont : 1° deux cadres exécutés pour la Sainte-Chapelle, sur les dessins du Primatice, d'après les ordres de François Ier et de Henri II (au musée impérial); 2° deux émaux représentant Henri II en saint Thomas, l'amiral Chabot en saint Paul (*ibid.*), et les dix autres apôtres (à Chartres); 3° le portrait du duc de Guise (au Louvre) ; 4° le portrait du connétable de Montmorency (*ib.*); 5° huit tableaux ovales représentant des scènes de la Passion (musée Dusommerard); 6° les quatre évangélistes (cabinet de madame de La Sayette, à Poitiers). On a de Jehan Limousin deux salières peintes en émail dans la collection de M. l'abbé Depéret, et d'autres ouvrages dans diverses collections particulières. Pierre Courteys a laissé

douze tableaux ovales en émail, de 4 pieds 8 pouces de haut sur 2 pieds 6 pouces de large, représentant les Vertus et les dieux de l'antiquité. Ils formaient la principale décoration de la façade du château de Madrid, bâti par François Ier. Trois de ces tableaux sont passés en Angleterre; les neuf autres viennent d'être placés dans le musée de l'hôtel de Cluny. Un coffret émaillé de Pierre Courteys est conservé dans le cabinet de madame de la Sayette. On connaît de Jean Courteys une grande composition de près de 2 pieds de hauteur, une aiguière et deux coupes en camaïeu.

Après le XVIe siècle, la peinture en émail déclina à Limoges; et l'on ne cite plus, comme l'ayant cultivée avec succès dans cette ville, que les Nouailher et les Laudin. On a dit que, vers 1632, l'application des émaux opaques sur l'or avait été inventée par un orfévre de Châteaudun, nommé Jean Toutin. Les faits cités plus haut prouvent que cette application était déjà connue depuis bien longtemps. Ce qui est certain, c'est qu'au XVIIe siècle les artistes habiles perfectionnèrent l'émaillure de bijoux, et que les portraits peints sur émail eurent une grande vogue en France, en Italie et en Angleterre. Petitot et Jacques Bordier, de Genève, excellèrent dans ce genre de travaux, et tous les souverains de l'Europe voulurent avoir des portraits faits par eux. Petitot copia aussi sur émail Mignard et Lebrun. Tourou, qui suivit ses traces, a laissé un beau médaillon émaillé, représentant *Vénus et l'Amour*. Plusieurs portraits, exécutés au XVIIIe siècle par Louis de Châtillon et par Guerrier, sont conservés au musée du Louvre. Louise Hugler peignit des médaillons pendant le règne de Louis XVI. Après la révolution, Augustin Counis fit sur émail les portraits de Joséphine et de Denon. Salomon-Guillaume Counis, Génevois, élève de Girodet, rappela les beaux temps des émailleurs de Limoges. Il copia la *Galatée* de Girodet, et fit les portraits de la famille impériale, de Louis XVIII et de M. de Forbin.

Aujourd'hui la peinture en émail est très-négligée en France. La peinture sur porcelaine l'a remplacée avec avantage. On ne se sert plus guère de l'émail que pour former une sorte d'étamage moins dangereux que les enduits métalliques, pour imiter les yeux d'animaux artificiels, pour couvrir des cadrans de montre; pour orner des bijoux, etc.

Liste par ordre chronologique des émailleurs français.

Abbon. — *Saint Eloi.* — *Saint Thillo* ou *Theau*; VIIIe siècle. — *F. Willelmus*, 940-950. — *Josbert*, 974-982. — *Guinamundus*, 1077. — *Mathæus Vitalis*, 1087. — *Isembertus*, abbé de Saint-Martial de Limoges, composa pour saint Alpinien une châsse d'un travail admirable, 1174-1178. — *Reginaldus*, après 1181. — *Claudius Alpays.* — *De Montval*, XIIIe siècle. — *Chutard*, 1209. — *J. et P. Lemorici*, 1314. — *Marc de Bridier*. 1360. — *Jacques de Romans*, argentier et émailleur de Montpellier, fit, en 1366, 24 clochettes d'argent doré et 28 écussons portant les armoiries en émail du pape Urbain V et du consulat. — *P. Deu Bost.* — *M. Benoist.* — *P. de Chastelnou.* — *M. Julier.* — *M. Soman.* — *Jehan Cap.* — *A. Vidal.* — *B. Ayauba*, 1389. — *Denisot*, mort en 1470. — *P. Verrier*, 1496. — *Léonard Limousin*, né à Limoges en 1480, a travaillé pendant tout le règne de François Ier. — *Jehan Limousin*, jusqu'en 1624. — *Jérôme de Robia*, venu d'Italie, émailleur du roi, en 1549. — *Pierre Courteys*. 1556-1559. — *Jehan Courteys.* — *Martial Courteys*, 1579. — *Suzanne Courteys*, commencement du XVIIe siècle. — *Pierre Raymond*, 1540-1582. — *Martial Raymond*, 1590. — *Jehan Guibert*, 1531-1563. — *Pierre Guibert*, 1599. — *E. P. Mimbule*, 1584. — *P. Pénicaud*, 1555. — *Réchambault*, 1553-1558. *J.-E.-S. Lobaud*, 1583. — *Paulmet Texandier*, 1596. — *Anthoine*, 1572. — *Pierre Guibert*, 1599. — *Dumats.* — *N. Pénicaud.* — *Pierre Colin.* — *Dominique Mouret.* — *Guilhomet Mouret.* — *Pierre Mouret.* — *Jehan Court*, dit *Vigier.* — *Joseph Blanchard.* — *Jehan Boysse.* — *Jehan P.-E. Nicaulat.* — *Monvaernie*, XVIe siècle. — *Etienne Mersier*, fin du XVIe siècle. — *Isaac Martin.* — *N. Pupe*, incertains. — *Jehan Verrier.* — *Masett*, 1600. — *Toutin* de Châteaudun, vers 1632. — *Gribelin*, élève de *Toutin.* — *Dubié*, orfévre émailleur, qui eut un logement au Louvre. — *Duguernier Al.*, de l'Acad. de peinture, 1614-1689. Il fut obligé d'émigrer lors de la révocation de l'édit de Nantes. — *Morlière*, de Blois, célèbre par ses émaillures sur bagues et montres. — *Robert Vauquer*, de Blois, élève de Morlière, mort en 1670. — *Pierre Chartier*, de Blois, habile dans l'art de peindre les fleurs. — *Sylvestre Pontut*, 1602. — *Poirier.* — *M. Lydon.* — *Nilhaud.* — *Chausy.* — *Antoine Lemasson.* — *A. Tharassin.* — *Bouin.* — *Bernard.* — *Waillet.* — *H. Poncet*, XVIIe siècle. — *Poilevet*, 1694. — *Barbette*, 1696. — *Jacques Bordier*, mort en 1690. — *Petitot*, mort en 1691. — *Touron.* — *Henri Toutin* copie la *famille de Darius*, de Lebrun. — *Henri Chéron*, de Meaux. — *Sophie Chéron*, fille de *Henri Chéron.* — *Jacques Nouailher*, sous Louis XIV. *Baptiste Nouailher*, XVIIe siècle. — *Pierre Nouailher*, 1685-1707. — *Bernard Nouailher.* — *Joseph Nouaillher.* — *Jean Nouailher*, XVIIIe siècle. — *Noël Laudin.* — *J. Laudin.* — *Valérie Laudin*, fin du XVIIe et du XVIIIe siècle. — *Jean Ardin*, mort en 1700. — *Charles Boit*, mort en 1700. — *Jacq.-Phil. Ferrand*, mort en 1732. — *Louis de Châtillon*, mort en 1734. — *J. B. Weyler*, académicien mort en 1790. — *Guerrier.* — *Bouquet*, reçu académicien le 23 avril 1753. — *Liotard.* — *Bouton.* — *Kuyler.* — *Pierre Pasquier*, académicien, mort en 1806. — *Augustin Counis*, sous l'empire. — *Salomon-Guillaume Counis*, sous l'empire et la restauration.

Voyez ÉMAUX. (*Cet article est emprunté à* M. Bourquelot.)

PEINTURE SUR PORCELAINE. *Voy.* PORCELAINE.

PEINTURE SUR VERRE. — *Esquisse générale.* — L'emploi de verre coulé en feuilles, pour remplacer la pierre spéculaire dans les châssis des fenêtres, ne paraît pas remonter beaucoup au delà du règne de Néron. Les vitres retrouvées à Herculanum, sous les cendres du Vésuve, sont en verre blanc, mais mal fabriquées et d'une teinte verdâtre. Plus tard, il est question de vitres dans les écrits de saint Jérôme, de Grégoire de Tours, de Fortunat et de saint Ouen; mais, au VII° siècle même, elles étaient peu répandues en France et tout à fait inconnues en Angleterre. Saint Wilfrid, évêque d'York, fit le premier venir de France dans la Grande-Bretagne des ouvriers en vitrerie. Cinq ans après sa mort (714), saint Benoît Biscop, abbé de Yarmouth, envoya des gens sur le continent pour chercher des ouvriers capables de travailler à la construction de son monastère et de son église, et particulièrement les vitriers.

L'usage des verres colorés paraît être né d'un besoin de symbolisme auquel les chrétiens des premiers siècles obéirent dans toutes les branches de l'art; certaines nuances passèrent pour l'expression des effets du soleil naissant, de l'arc-en-ciel, etc., et elles furent en premier lieu mises à profit pour la décoration des églises. Il faut bien se garder, au reste, de confondre sous une même dénomination tous les verres colorés, qui peuvent avoir été traités par trois procédés différents et avoir été teints, émaillés ou peints. Le premier procédé consiste à modifier le verre dans sa substance même; le second, à appliquer la couleur sur le verre et à l'y faire pénétrer par une nouvelle fusion, soit dans toute l'étendue, soit dans quelques parties distinctes; le troisième, à peindre sur le verre lui-même et à fixer les nuances au moyen d'un fondant. Tous les ouvrages antiques de verre qui ont été retrouvés sont teints, dorés ou émaillés; aucun n'est peint. Les vitraux employés par les premiers chrétiens, ceux dont parlent Fortunat, Grégoire de Tours et Anastase, sont teints et sans ornements; ils forment des broderies, des mosaïques transparentes. Les ornements et les figures produits par l'émaillure et par la peinture ne paraissent qu'au IX° et au X° siècles; les verriers du XVI° siècle s'adonnent particulièrement à la méthode de l'apprêt; ils arrivent au modelé, à la fonte des ombres, et ils marchent de pair avec les autres artistes maniant le pinceau.

On trouve dans le *Diversarium artium schedula* du moine Théophile des détails très-intéressants sur la manière de composer le dessin d'une fenêtre vitrée; de le calquer sur le verre, de peindre les ornements, les draperies, les feuillages et les fleurs; de choisir les couleurs les plus convenables, et de les fixer en cuisant le vitrail dans un four particulier (Liv. II, chap. 17 et 21). Les plus anciens ouvrages exécutés d'après ces procédés qui soient parvenus jusqu'à nous remontent au XII° siècle. On sait cependant que, vers 1052, il existait au monastère de Saint-Bénigne de Dijon des vitraux colorés qui, dès cette époque, passaient pour être très-anciens. Suger, abbé de Saint-Denis, orna l'église de son couvent de verrières qui représentaient différentes histoires de la Bible et les événements militaires de la première croisade. Une partie de ces précieux tableaux a été détruite au moment de la révolution; le reste, transporté au Musée des Petits-Augustins, a été plus tard restitué à l'église de Saint-Denis. Suger a donné la description de quelques-uns des vitraux qu'il avait commandés :

Nous avons, dit-il, *fait peindre une suite de vitraux remarquables par la variété des sujets : elle commence à l'arbre de Jessé, à partir du chevet de l'église, jusqu'au vitrail qui se trouve sur la principale porte d'entrée, tant en haut qu'en bas. C'est l'ouvrage de plusieurs maîtres de pays différents. L'un de ces vitraux, par des objets matériels, dirige la pensée vers les objets immatériels, et représente l'apôtre Paul occupé à tourner un moulin, et les prophètes apprêtant des sacs de blé pour le réduire en farine; on y lit deux distiques qui indiquent le sujet :*

Tollis agendo molam de furfure, Paule, farinam,
Mosaicæ legis intima nota facis :
Fit de tot granis verus sine furfure panis,
Perpetuusque cibus noster et angelicus.

Au XIII° siècle tous les efforts de l'art de peindre se portèrent sur les vitraux. Les verres encadrés dans des meneaux de pierre, liés par des barreaux en fer et par des bandes de plomb, étaient divisés en compartiments irréguliers, et tels que le demandait la forme des objets représentés et la solidité des tableaux. D'abord on se contentait d'un simple trait pour indiquer les figures. Au XIII° siècle on forma des hachures qui leur donnèrent du relief; mais ce ne fut que plus tard qu'on produisit d'une manière complète les dégradations de ton qui se voient dans la nature. Les objets religieux, les histoires bibliques, les allégories chrétiennes, les légendes des saints, furent particulièrement traités par les artistes. Cependant on voit aussi sur les vitraux des scènes militaires, des portraits, des tableaux représentant les différents ouvriers du moyen âge et leurs ateliers de travail. On remarque à Chartres un tisserand, des corroyeurs, des laboureurs, des changeurs, un boucher, des pelletiers, un tourneur, un charron, des boulangers, des orfévres, des cordonniers, des drapiers, etc. Les portraits des évêques de Paris sont figurés dans un vitrail du chœur de Notre-Dame (XII° siècle); celui de l'abbé Suger est représenté plusieurs fois dans les vitraux de Saint-Denis (XII° siècle), celui de saint Louis a été peint sur verre pour l'abbaye de Royaumont (XIII siècle). Les archevêques de Reims, revêtus de leurs ornements pontificaux et décorés du *pallium*, paraissent dans leur ordre successif au-dessus des arcades de la nef et du chœur de la cathédrale de Rheims, etc

Des vitraux du XIIIe siècle subsistent encore en assez grand nombre en France. Nous devons citer particulièrement ceux des cathédrales de Chartres, de Bourges, de Sens; la rose du transsept nord et deux grandes fenêtres de la cathédrale de Soissons; les verrières de la cathédrale de Rouen, qui représentent les vies de saint Sever, de saint Julien l'Hospitalier, du patriarche Joseph, la Passion de Jésus-Christ; les roses de Notre-Dame de Paris, etc. Au XIVe siècle, on confectionna des verrières de très-grande dimension, dans lesquelles les figures peintes superficiellement, encadrées sur un fond d'architecture, ne furent plus uniquement formées de pièces de rapport. En même temps les vitraux devinrent en quelque sorte l'appendice des pierres sépulcrales; les statues des morts furent couchées sur le tombeau; leurs images, dans l'attitude de la prière, brillèrent aux fenêtres des églises. On utilisa la peinture sur verre pour la décoration des palais royaux, des hôtels des seigneurs, des maisons des riches bourgeois. Sauval nous apprend que *toutes les fenestres des chapelles des appartemens de Charles V, au Louvre, et en l'hôtel Saint-Pol, estoient remplies de vitres aussi haultes en couleur que celles de la Sainte-Chapelle, pleines d'images de saints et de saintes, surmontées d'une espèce de dais, et assises dans une espèce de trône, le tout d'après les dessins de Jean Saint-Romain, fameux sculpteur de ce temps, que ce monarque employoit par préférence pour la décoration de ses palais.* Sauval dit encore que, *outre ces images, quelques-unes des vitres des appartemens du roi, de la reine, des enfans de France et des princes du sang royal, estoient rehaussées des armoiries de la personne distinguée qui les occupoit, et que chacun de ces panaux coustoit vingt-deuxsous.*

La profession de verrier fut particulièrement encouragée en France pendant le moyen âge. Les peintres-verriers tenaient le premier rang parmi les artistes, et ils étaient exempts de tailles, d'aides, de guet, de garde-porte, etc. Les rois Charles V, Charles VI, Charles VII et Charles IX leur accordèrent d'importants priviléges. En Normandie la fabrication du verre était, au milieu du XVe siècle, entre les mains de quelques familles nobles et anciennes. Antoine de Brossard, écuyer de Charles d'Artois, établit, par le privilége de ce comte, dans la forêt d'Eu, une verrerie que les Caqueray, les Bongars, les Levaillant exploitèrent longtemps avec succès.

Au XVIe siècle, la peinture sur verre, comme les autres arts, s'éleva à un haut degré de perfection. Un dessin correct, des formes nobles et élégantes, des couleurs brillantes habilement combinées, une grande entente de l'ombre et des lumières, telles sont les qualités qui distinguent les figures dans les vitraux de la renaissance. Henri Mellein avait préparé et annoncé ces grandes destinées de la peinture sur verre; Pinaigrier, Jean Cousin, Bernard de Palissy, Angrand-le-Prince, et une foule d'autres artistes habiles, les réalisèrent. L'Italie devint tributaire de la France, et des verriers marseillais allèrent peindre à Rome les vitraux du Vatican et des plus riches églises. La peinture sur verre, sans cesser d'être religieuse, ajouta un nouveau genre d'élégance aux palais des rois et des grands seigneurs; Ecouen, Gaillon, Anet, étaient aussi remarquables par leurs vitraux que par leurs fresques et leurs sculptures, et dans cette diffusion du luxe par l'art, les maisons bourgeoises, et surtout celles de Rouen, de Troyes, de Beauvais étalèrent avec orgueil leurs verrières historiées.

L'espace nous manque pour décrire, et même pour indiquer les vitraux exécutés pendant les XIVe, XVe et XVIe siècle; nous nous bornerons à citer les portraits de Jeanne d'Arc, de Charles VII, de Jacques Cœur, peints en 1436 à l'hôtel Saint-Pol, à Paris, par Henri Mellein; les vitraux de la cathédrale et de l'hôtel-de-ville de Bourges, exécutés par le même artiste, les verrières de la cathédrale de Riom, données vers 1450 par Charles de Bourbon et Agnès de Bourgogne; les vitraux par lesquels, à la fin du XVe siècle et dans le cours du XVIe, on remplaça les anciens panneaux de l'église cathédrale de Paris; les vitraux de Notre-Dame-de-Brou (XVIe siècle), et particulièrement la belle verrière placée dans le collatéral gauche, qui représente l'assomption et le couronnement de la Vierge, et le triomphe de Jésus-Christ; les ouvrages de Nicolas Pinaigrier et d'Angrand-le-Prince à Saint-Etienne-du-Mont de Paris; les vitraux peints par les frères Gontier à Troyes, dans la cathédrale, la collégiale, Saint-Martin-ès-Vignes, Moutier-la-Celle, Saint-Etienne, l'Arquebuse; ceux de la cathédrale d'Auxerre; ceux du château de Gaillon, exécutés d'après les ordres du cardinal Georges d'Amboise; ceux de la cathédrale de Metz; les compositions de Jean Cousin, à Troyes, à Paris, et dans diverses villes de l'Ile-de-France; les verrières du château d'Ecouen; celles de Saint-Patrice de Rouen, celles de l'abbaye de Cerfroy; celles de la cathédrale de Châlons en Champagne, etc.

La peinture sur verre, encore cultivée avec succès au XVIIe siècle, produisit alors des artistes habiles et des œuvres importantes. Les vitres du chœur de Saint-Henry, de Paris, les fenêtres de plusieurs chapelles de la même église, les grisailles de Saint-Gervais, exécutées par Perrin d'après les cartons de Lesueur; les vitraux de Sainte-Croix de Gannat, représentant les quatre Pères de l'Eglise latine; les peintures de Michu, aux Feuillants, aux Invalides, à Versailles; les vitres de l'abbaye de Saint-Nicaise de Reims, celles des charniers de Saint-Paul, à Paris, sont les ouvrages les plus remarquables de cette époque, à la suite de laquelle l'art du verrier décline sensiblement. Au XVIIIe siècle, on exécutait quelques peintures sur verre, et principalement des figures en grisaille et des armoiries; mais le nombre des artistes

diminue, on ne sait plus guère que regarnir de plomb les grandes verrières des églises, et souvent on les remplace par des verres blancs. Puis vient une époque où l'on cesse même d'apprécier le mérite des anciens ouvrages de verrerie qui remplissent les églises, et on les détruit sans raison et sans pitié.

Cependant il n'est pas vrai de dire, comme on l'a fait, que le secret de la peinture sur verre se soit perdu un seul instant en Allemagne, en Suisse, en Angleterre et même en France. Seulement dans ce dernier pays on avait presque complétement cessé de peindre sur verre, lorsque le goût de cet art se réveilla vers 1798. Les essais de M. Diht, les travaux de M. Brongniart, et ceux des artistes attachés à la manufacture de Sèvres remirent en honneur la peinture sur verre; on eut à cœur de conserver les anciens vitraux des églises, on les restaura et on se mit en mesure de les remplacer, et d'orner de verrières les nouveaux édifices religieux. Aujourd'hui d'importantes fabriques de vitraux ont été établies, et nos peintres sur verre se rapprochent par la richesse de leurs ouvrages des habiles artistes du XVIe siècle.

Liste par ordre chronologique des peintres verriers français.

Ballard. Le nom de ***Ballardus*** est peint sur une verrière du chœur de la cathédrale de Chartres. Cicognara parle d'un abbé qui fit réparer son église en 1249 par un peintre nommé ***Bailardus.*** On lit de plus dans une inscription : ***doctaque manu Bailardi.*** Il y a tout lieu de croire que ces mentions se rapportent au même artiste, vivant au XIIIe siècle. —***Clément***, natif de Chartres, travailla, vers le règne de Philippe le Hardi, aux vitraux du pourtour du chœur de la cathédrale de Rouen. On lit dans une de ces verrières : ***Clemens vitrearius Carnutensis.*** — ***Jehan*** de Damery peignit sur verre à Troyes, de 1375 à 1379. — ***Jacquemin***, retoucha, en 1383, une verrière dans le chœur de la cathédrale de Troyes. — ***V. de Cassiac***, vitrier à Montpellier, en 1362. — ***Canonce*** (***Guill.***), peintre-verrier de la cathédrale de Rouen, de 1384 à 1386. — ***Jehan Gualaup***, peintre et verrier à Montpellier, en 1400, consul du métier en 1415.—***Guyot Brisetout***, peintre-verrier à Troyes en 1412.—***Gradville*** (***Guill. de***), peintre sur verre de la cathédrale de Rouen, de 1426 à 1432.—***Mellein*** (***Henri***), de Bourges, peignit en 1436 le portrait en pied de Jeanne-d'Arc sur les vitres de l'église de Saint-Paul à Paris. On lui attribue le ***Sacre de Charles VII***, exécuté sur les verrières de l'hôtel-de-ville de Bourges. Par lettres patentes datées de Chinon, 3 janvier 1430, Charles VII accorda à Henri Mellein des exemptions et priviléges importants. —***Jean***, de Bar-sur-Aube, verrier de Sainte-Madeleine de Troyes, en 1460.—***Barbe*** (***Guillaume***), peintre-verrier de la cathédrale de Rouen, de 1459 à 1485. — ***Dumaigne*** (***Robin***), peintre-verrier de la cathédrale de Rouen, vers 1458. ***Bréhal*** (***Guillemin***), peintre des vitraux pour le château d'Evreux (1463). — ***Barbe*** (***Jean***), fils de Guillaume, remplaça son père dans les travaux de verrerie de la cathédrale de Rouen, de 1488 à 1530. Il fut occupé aux verreries du château de Gaillon, de 1502 à 1509. — ***Du Puy*** (***Jehan***), peintre et verrier à Montpellier (1486-1492), fit plusieurs verrières dans l'église de N.-D. des Tables de cette ville, et dans la maison du consulat. — ***Chenesson*** (***Antoine***), fut employé en 1507 et 1508 aux travaux de verrerie du château de Gaillon. — ***Masson*** (***Geoffroy***), travailla aux vitraux de l'église Saint-Ouen de Rouen, en 1508. — ***De la Pointe*** (***Arnould***), maître verrier de Saint-Ouen de Rouen, en 1508. — ***Le Pot*** (***Jean***), Flamand d'origine, s'établit à Beauvais en 1500. Il était sculpteur et peignait la grisaille d'une manière remarquable. Il mourut en 1563. — ***Desmoles*** (***Arnaud***), travailla aux vitraux de la cathédrale d'Auch, qui furent exécutés en 1509 et achevés en 1513. — ***Joyle*** (***Cardin***), peintre-verrier de Saint-Ouen de Rouen, en 1512. — ***Cornuat*** (***Jean***), verrier de Sainte-Madeleine de Troyes, en 1512. — ***François.*** On lit sur un vitrail de l'église de La Borne (Creuse) : MDXXII. ***F. François.*** — ***Cordonnier*** (***Nicolas***) et son fils décorent de leurs vitraux les églises de Saint-Jean, de Saint-Nicolas, et de Saint-Pantaléon de Troyes, de 1520 à 1588.—***Pinaigrier*** (***Robert***). Cet habile verrier exécuta en 1527 et 1530 les vitraux de l'église de Saint-Hilaire de Chartres, dont une partie fut copiée pour le charnier de l'église Saint-Etienne-du-Mont de Paris; il peignit aussi des vitres à Saint-Gervais de Paris et dans plusieurs églises de la même ville.—***Pinaigrier*** (***Nicolas***), que l'on croit fils ou petit-fils de Robert, concourut, avec ses frères ***Jean, Robert, et Louis***, à la confection des vitraux de Saint-Paul de Paris, et paraît avoir travaillé à ceux de Saint-Etienne-du-Mont. — ***Havène*** (***Gabriel***), peintre-verrier de Saint-Maclou de Rouen, en 1521. — ***Courteis*** (***Jehan***) prit, en 1582, ainsi que le prouve un document de cette date, l'engagement d'exécuter une verrière pour l'église de La Ferté Bernard. C'est, selon toute probabilité, le même que le célèbre émailleur de Limoges. — ***Germain*** (***Michel***), fit pour le nouveau portail de la cathédrale d'Auxerre des vitres qu'il posa en 1528. — ***Monory***, prieur de l'abbaye de Cerfroy en Soissonnais, peignit en 1529 les vitres du réfectoire de ce monastère. — ***Soubdain*** (***Jehan***), exécuta la grande rose de la cathédrale de Troyes et d'autres belles verrières (XVIe siècle). — ***Besoche*** (***Michel***), maître verrier de l'église de Saint-Maclou de Rouen, en 1595. — ***Palissy*** (***Bernard de***), physicien, chimiste, naturaliste, géomètre, modeleur, dessinateur et peintre sur verre, est principalement renommé pour les poteries qu'il fabriqua ou dont il donna le goût. On lui attribue les ***Amours de Psyché***, exécutés d'après les dessins de Raphaël, qui décoraient les vitres de la salle d'armes du château d'Ecouen, près Paris. Le prince de Condé les a fait enlever après la seconde restauration. Bernard de Palissy mourut en

prison à Paris, vers 1589, à l'âge de 80 ans environ. — *Connet* (*Jean de*), verrier contemporain de Bernard de Palissy, qui le dit savant dans son art. — *Anquetil* (*Pierre*), maître verrier de Saint-Maclou de Rouen, en 1541. — *Soubdain* (*Pierre*), *Gérard*, *Lyénin*, *Cochin* (*Jacques*), *Lambert* (*Pierre*), *Planson* (*Eustache*), *Verrat* (*Charles*), *Pothier* (*Jean*, *Eustache et François*), *Marcasin*, *Macadré* (*Pierre et Jean*), verriers à Troyes, de 1533 à 1590. — *Bouch* (*Valentin*), dans son testament du 25 mars 1541, légua à la cathédrale de Metz : *tous les grands patrons, desquels il a fait les verrières de la dite église, pour s'en servir pour aider à l'avenir à la réparation d'icelles verrières, toutes et quantes fois nécessité en sera.*—*Bosc* (*Gilles et Michel du*), verriers, sont mentionnés en 1549, comme demeurant dans la paroisse de Saint-Georges d'Aulnay. — *Rechambaud*, peintre sur verre à Limoges, pendant le XVIe siècle. — Maître *Claude*, de Marseille, peignit au XVIe siècle, d'après les cartons et sous les yeux de Raphaël, les vitraux de la chapelle du Vatican à Rome. — Frère *Guillaume*, de Marseille, travailla avec maître Claude à la chapelle du Vatican, peignit, après la mort de cet artiste, les vitres des églises de Santa-Maria del Popolo et dell'Anima, et mourut à Arezzo en 1537, à l'âge de 72 ans. — *Hubert* (*Martin*), peintre-verrier, habitait, en 1545, la paroisse de Gurgues (Normandie). — *Labougaulde* (*René et Remi de*), peintres-verriers du milieu du XVIe siècle. — *Bacot* (*Philippe*), *Herusse* (*Robert*), *Lucas Laurent*), peintres-vitriers à Anet (XVIe siècle). — *Tardif* (*Olivier*), peintre-verrier de la cathédrale de Rouen, de 1540 à 1554. — *Tardif* (*Noël*), succéda à Olivier Tardif, dont il était probablement fils, dans les travaux de la cathédrale de Rouen, de 1562 à 1569.— *Lequier* (*Jean*), né à Bourges, exécuta dans cette ville une partie des plus beaux vitraux qui ornent l'église cathédrale de Bourges, et forma plusieurs élèves habiles, qui l'aidèrent ou lui succédèrent dans ses travaux; il mourut en 1556. — *Dallida* (*Guillaume*), verrier à Bourges au XVIe siècle. — *Repel* (*Soyer*), maître verrier de l'église Saint-Maclou de Rouen, en 1565, retoucha une partie des vitraux de cet édifice. — *Beuzelin* (les frères), obtinrent de Charles IX, en 1563, la confirmation des priviléges des peintres-verriers. — *Mehestre* (*Simon*), verrier dans la vicomté de Céan, au milieu du XVIe siècle. — *Delarue* (*Léon* et son fils), verriers dans la vicomté de Céan, au milieu du XVIe siècle. — *Fauconnier* (*Laurence*), peintre-verrier de l'église de Saint-Bonnet de Bourges, au XVIe siècle. — *Eudier* (*Pierre*), peintre-verrier en Normandie au milieu du XVIe siècle.— *Le Prince* (*Angrand*), qui vivait au XVIe siècle, est l'auteur de la belle verrière de Saint-Etienne de Beauvais, où Charles IX et sa femme, tenant par la main deux enfants, représentent saint Eustache et sa famille. Le Prince peignit plusieurs autres sujets à Saint-Etienne, d'après Raphaël, Jules Romain, Albert Durer, et un Christ dans la cathédrale. Au XVIIIe siècle on conservait encore à Beauvais des dessins que lui avaient envoyés les plus habiles maîtres de l'Italie et de l'Allemagne. — *Le Pot* (*Nicolas*), né à Beauvais, travailla dans cette ville aux vitraux des églises avec Angrand-Le-Prince, dont il était parent. Il vivait vers 1540.—*Cornouailles* (*J.*), fit en 1573-1575 la belle rose placée au portail occidental de la cathédrale d'Auxerre.— *Cousin* (*Jean*), né à Soucy près Sens, géomètre, architecte, sculpteur, peintre à l'huile et peintre sur verre, vivait encore en 1584, dans un âge fort avancé. Ses principaux ouvrages sont les vitres de Saint-Gervais de Paris, qu'il entreprit, dit-on, en concurrence avec Robert Pinaigrier, celles du charnier de Saint-Etienne-du-Mont, celles de la chapelle du château de Fleurigny, près Sens, où il peignit, d'après les dessins de Rosso, la sibylle Tiburtine montrant à l'empereur Auguste la Vierge et son Fils; celles des églises de Maret et de Fontainebleau; les belles grisailles du château d'Anet; les vitres de la sainte Chapelle de Vincennes, d'après les dessins de Luca Penni et de Claude Baldouin; les vitres de l'église des cordeliers de Sens, et un *Jugement dernier* dans la cathédrale de la même ville. — *Désaugives* (*Nicolas*), peignit de fort belles vitres pour les charniers de Saint-Paul de Paris. — *Madrain*, verrier de Troyes, vivait au XVIe siècle.—*Derhode* (*N.*), a exécuté les rosaces de la cathédrale de Reims (1581). — *Commonace* (*Guill.*), rétablit en 1575 une des verrières de la cathédrale d'Auxerre, et reçut 30 livres pour ce travail. — *Evrard* (*Mahiet*), peintre-verrier de la cathédrale de Rouen, de 1574 à 1603, faisait en même temps des vitraux pour l'église de Saint-Maclou. — *Evrad* (*Michel*), maître verrier de Saint-Maclou de Rouen, en 1578. — *Porcher*, peintre-verrier très-habile, peignit des vitraux à Saint-Paul de Paris. — *Le Vieil* (*Guill.*) travaillait pour l'église de Saint-Maclou de Rouen, en 1584. —*Matthieu* (*Pierre*), d'Arras. — *Goust* (*Philippe*), peintre-verrier de N.-D. de Rouen, de 1603 à 1620. — *Héron* travailla avant 1612 aux vitraux de Saint-André-des-Arcs et de Saint-Merry de Paris. — *Gontier* (*Jean et Léonard*), frères, nés à Troyes, en Champagne, décorèrent de vitraux, au commencement du XVIIe siècle, plusieurs édifices de cette ville, la cathédrale, la collégiale, Saint-Martin-ès-Vignes, Moutier-la-Celle, l'Arquebuse, Saint-Etienne, Saint-Pantaléon, etc. — *Chamu* fut un des peintres-verriers de Saint-Merry avant 1612. *Moles* ou *Molis* (*Jean* et *Arnaud*) réparèrent les vitraux de la cathédrale de Toulouse en 1611.—*Arnaud* exécuta en 1613 ceux de la cathédrale d'Auch. — *De Paroy* (*Jacques*), né à Saint-Pourçain-sur-Allier à la fin du XVIe siècle, élève du Dominiquin, fit des vitraux pour l'église collégiale de Sainte-Croix, à Gannat, et pour l'église de Saint-Merry de Paris. Il mourut à Moulins, âgé de 102 ans. — *Nogare* (*Jean*), travailla à la peinture des vitraux de Saint-Merry avant 1612. — *Tacheron* (*Pierre*), né à la fin du XVIe siècle, peignit, à Soissons, en 1622, les beaux vitraux de la salle de la compagnie de l'Arquebuse, représentant des

sujets tirés des *Métamorphoses* d'Ovide. Il exécuta aussi les grisailles du cloître des minimes de la même ville. — *Levasseur* (*Nicolas*), peignit, dans la première moitié du XVIIe siècle, les quatre vitres de la chapelle de la communion, à Saint-Paul de Paris, d'après les cartons de Vignon. — *Sauvanac* (*F.*), 1631. Ce nom et cette date se lisent sur le vitrail de la troisième fenêtre du chœur de l'église de Saint-Eustache. — *Perrin*, peignit, au XVIIe siècle, des grisailles d'après les cartons de Lesueur pour une des chapelles de Saint-Gervais de Paris. On lui attribue les armoiries et les chiffres de Richelieu qui se voient à la Sorbonne. — *Perrier* (*François*), élève de Lanfranc, peignit pour les charniers de Saint-Paul de Paris l'histoire du premier concile de l'Eglise et l'ombre de saint Pierre guérissant les malades. — *Henriet* (*Claude* et *Israël*), père et fils. Claude peignit les vitres de la cathédrale de Châlons, en Champagne, et travailla dans plusieurs églises de Paris. On pense qu'une partie des vitres supérieures de Saint-Etienne-du-Mont est de lui. Israël Henriet était l'ami de Callot. — *Menouflet* (*Charles*), de Soissons, exécuta les vitraux de la rose de l'abbaye de Saint-Nicaise de Reims, au XVIIe siècle. — *Monnier*. Trois membres de cette famille, natifs de Blois, le père, le fils, et le petit-fils, se distinguèrent comme peintres sur verre au XVIe et au XVIIe siècle. Jean Monnier, protégé par Marie de Médicis, alla à Florence et à Rome, et peignit au retour de fort belles vitres pour les charniers de Saint-Paul. — *Michu* (*Benoît*), fut reçu, en 1677, maître vitrier, peintre sur verre à Paris. Il fit des vitraux pour le cloître des feuillants de la rue Saint-Honoré, à Paris, pour la chapelle de Versailles, pour l'église des Invalides, pour Saint-Etienne-du-Mont, et pour la cathédrale de Paris, où il peignit, en 1726, les armoiries du cardinal de Noailles. Michu mourut vers 1730. — *Leclerc*, père et fils, verriers à Paris. Leclerc père fut chargé des vitraux du chœur de l'église Saint-Sulpice. — *Sempi* (*P.-A*), peintre sur verre, travailla en 1701, avec Michu, aux vitraux du cloître des feuillants de Paris, et avec le même artiste et Guillaume Levieil aux vitraux de la chapelle de Versailles et de l'église des Invalides. — *Levieil* (*Guillaume*), né à Rouen en 1640, fit des vitraux pour l'église de l'ancien Hôtel-Dieu de cette ville, pour la cathédrale de Sainte-Croix d'Orléans, etc. Il mourut en 1708. — *Levieil* (*Guillaume*), fils du précédent, naquit à Rouen, et étudia le dessin sous Jean Jouvenet, son aïeul maternel, et oncle du célèbre Jean Jouvenet. Il peignit le Christ en croix du vitrail du sanctuaire de l'église des Blancs-Manteaux, à Paris ; — les armoiries du Dauphin, au château de Meudon ; une partie des frises du dôme des Invalides ; des armoiries, des frises et des chiffres à Saint-Roch ; une partie des frises de Saint-Nicolas-du-Chardonnet ; un Christ en croix aux Célestins de Paris ; des vitraux à Saint-Etienne-du-Mont, à l'Hôtel-Dieu, au château de Versailles, à la Sainte-Chapelle de Bourges, aux Cordeliers d'Etampes, etc. Il mourut en 1731. — *Levieil* (*Jean et Louis*), fils du précédent. Jean travailla aux vitraux des frises de la chapelle de Versailles, de la cathédrale de Paris, du château de Crécy, de l'hôtel de Toulouse, du collége des bernardins, etc. — *Dur* (*Jean-François*), élève de Leclerc, exécuta des vitraux pour le cloître des carmes déchaussés de Paris en 1717 et 1718. — *Magel* (frère *Maurice*), religieux récollet, peintre sur verre au commencement du XVIIIe siècle. *Goblet* (frère *Antoine*), religieux récollet, peintre sur verre, né à Dinan, mourut à l'âge de 45 ans le 18 avril 1721. — *Simon* (*François*), fit des vitraux à Nantes, sa patrie, au commencement du XVIIIe siècle. — *Huvé*, neveu et élève de Michu, fut employé aux frises des vitraux des Invalides et de Versailles. Il mourut en 1752. — *Desosier*, peintre sur verre, exécuta des peintures à Versailles sur les vitres du bosquet dit du Dauphin (XVIIIe siècle). — *Langlois* (*François*), maître vitrier et peintre sur verre à Paris, est cité comme l'auteur d'un camaïeu en grisaille placé dans une des chapelles de l'église souterraine de l'abbaye de Sainte-Geneviève. Il mourut en 1725. — *Brice* (*Guill.*) remania la verrerie de la grande rose de Notre-Dame de Paris, du côté de l'archevêché. Il mourut en 1768. C'était un vitrier plutôt qu'un verrier. — *Lebrun* fit des vitraux pour l'église de Saint-Nicolas de la Taille (arrondissement du Havre), qui fut commencée en 1754 et finie en 1759. — *Levieil* (*Pierre*), auteur de l'important ouvrage intitulée *l'Art de la peinture sur verre et de la vitrerie*, naquit à Paris, en 1798, d'une famille originaire de Normandie. Il ne sut jamais peindre lui-même; mais il dirigea la restauration des vitraux de Saint-Etienne-du-Mont, de Saint-Victor, de Saint-Merry, de Notre-Dame, etc. — *Dhil.* — *Brongniart*, directeur de la manufacture de Sèvres. — *Miraud*, préparateur des couleurs à la même manufacture. — *De Marne*, *Leglay*, artistes, ont concouru à la renaissance de la peinture sur verre en France. — *Mortelègue*, de 1811 à 1823, fait des tableaux sur verre, et entre autres un Christ pour l'église Saint-Roch de Paris. — *Paris*, *Leclair*, *Constantin*, *Pierre Robert*, *Vatinelle*, *Béranger Vigné*, *Hesse*, *Schilt* ont ensuite exposé ou placé dans des églises des peintures sur verre de différentes natures, ornements, fleurs, sujets historiques, etc.

Bibliographie. — E. Hyac, Langlois, *Essai historique et descriptif de la peinture sur verre*, Rouen, 1832, in-8°. — F. de Lasteyrie, *Histoire de la peinture sur verre* d'après les monuments en France. Paris, 1838, in-folio (1).

PENDULE (DÉMONSTRATION DE LA ROTATION DE LA TERRE AU MOYEN DU). *Voy.* ASTRONOMIE.

PENDULES. — La pendule est une espèce d'horloge à pendule exécutée en général avec plus de précision que les horloges de cette espèce, et qui en diffère dans plusieurs de ses parties, surtout par la cage qui ressemble

(1) Cet article est extrait de l'excellent recueil qui a pour titre : *Patria*.

fort à celle des montres. (*Voy.* Horloges.)

Dans le temps où l'on commença à appliquer le pendule aux horloges, les premières dans lesquelles on employa ce nouveau régulateur furent probablement appelées d'abord *horloges à pendule*, ensuite simplement *pendules*; et comme ces horloges n'étaient que d'une grandeur médiocre et faites avec plus de précision que les autres, il est arrivé de là que, malgré que dans toutes les horloges on ait substitué dans la suite le pendule au balancier, il n'y a eu que celles d'une certaine grandeur, dont nous venons de parler, auxquelles on ait donné le nom de pendules, les autres ayant conservé celui d'horloges, comme l'horloge de clocher.

On distingue les pendules en général en pendules à poids et pendules à ressort. Dans les premières sont toutes les pendules à vibrations, à équation, etc.; dans les secondes sont toutes celles qui se mettent sur un pied, sur une table, qui se plaquent contre le mur, etc. Telles sont ordinairement les pendules à quinze jours, à sonnerie, les pendules à quarts, les pendules à trente heures, les pendules à répétition, les pendules à trois parties, c'est-à-dire celles qui répètent l'heure lorsqu'on tire le cordon et qui sonnent en même temps l'heure et les quarts d'elles-mêmes. Enfin, celles à quatre parties, qui, outre les propriétés de ces dernières, ont encore celle d'être à réveil. Il y a eu des pendules à carillon et des pendules à remontoir, la force motrice originale étant un ressort employé à faire sonner la sonnerie, et en même temps à remonter un poids qui fait aller le mouvement.

Les pendules restent ordinairement huit jours sans être montées. On en fait d'autres qui vont quinze jours, un mois, trois mois, six mois, même une année entière; il en existe à Paris qui, moyennant un poids de deux livres, font remuer un balancier auquel est attachée une lentille de soixante-douze livres pesant, et dont le poids moteur, dans l'espace d'une année entière, ne descend qu'environ de dix-huit pouces. Il se fait même des pendules qui, une fois montées, ne se remontent jamais et vont toujours; mais pour cela elles ne sont pas des mouvements perpétuels, puisqu'une cause extrinsèque (savoir l'air et le vent secrètement introduits dans un corps séparé de la machine) fait remonter le poids moyennant un moulinet ou volant, correspondant par deux roues à la poulie où ce poids est attaché par une seconde corde sans fin. Ce remontoir pneumatique est très-sûr dans ses opérations, pourvu que l'artiste qui l'exécute ait soin de faire en sorte que, dès que le vent ou l'air extérieur aura suffisamment remonté le poids moteur, une soupape qui le ferme hermétiquement par le moyen d'une bascule, et qui fait une partie essentielle de cette machine, empêche le vent d'entrer dans le conduit ménagé à cette fin. Cette ingénieuse invention est de feu M. Le Plet, maître horloger, qui l'imagina en 1736.

On voit à Paris une pendule de cette espèce, exécutée par M. Le Paute. Elle est placée dans la salle de l'Académie de peinture et sculpture, depuis plusieurs années, et fait régulièrement ses fonctions sans être autrement remontée que par l'air.

L'art de simplifier les pendules et de les faire à une seule roue était connu en Suisse avant 1740. M. Rivoz a fait la première; elle a été annoncée par les journaux de 1739. Quelques célèbres horlogers de Paris y ont ensuite parfaitement réussi. On voit chez M. Le Paute, dont nous venons de parler, ainsi que chez M. Pierre Le Roy, fils du célèbre Julien Le Roy, deux pendules qui, avec une roue, marchent aussi bien que d'autres qui en ont le nombre ordinaire. Cette invention, estimée des connaisseurs, n'a pourtant pas pris dans le public, apparemment parce que la machine pourrait être sujette à se gâter plus souvent et plus promptement; elle a été regardée comme une invention plus curieuse qu'utile.

Parmi les avantages que nous procure l'invention des horloges à roues, on peut compter celui de marquer et battre les secondes, comme un des plus essentiels. La division du temps en petites parties étant nécessaire dans beaucoup d'opérations de physique et de mécanique, on en a fait un objet de perfection, et on y est parvenu par le moyen d'un pendule qui marque et bat les secondes à chaque vibration. On voit aujourd'hui dans beaucoup de cabinets des pendules à secondes, et elles seraient plus multipliées, si la longueur de trois pieds huit pouces, qu'exige le régulateur, n'était un obstacle pour placer ces horloges dans des cartels ou boîtes propres à la décoration des appartements. On a essayé cependant de faire usage des cartels pour les pendules à secondes, en adaptant à des mouvements de court pendule des rochets qui marquent les secondes par un sautoir ou par d'autres moyens qui, tout ingénieux qu'ils sont, ne rendent pas cependant l'effet du pendule de trois pieds huit pouces, dont les battements sont distincts; au lieu que, dans les pendules à cartel, le battement des vibrations, étant plus précipité, empêche d'entendre nettement celui des secondes qui lui est étranger.

Un amateur des beaux-arts, savant et ingénieux artiste lui-même, M. Vincent de Montpetit, a imaginé depuis quelque temps de donner à un mouvement ordinaire de court pendule les mêmes effets d'un long, et afin qu'il convînt à toutes les horloges d'ornement et d'utilité, il a fait choix du pendule dont les vibrations sont d'une demi-seconde, et qui n'exige que la longueur d'environ neuf pouces. Pour y réussir, il n'a été obligé que de rendre muette une des vibrations, et il y est parvenu en rendant mobile une des palettes de l'échappement, et la plaçant de manière que dès qu'elle a échappé, au lieu d'achever la vibration, elle revient au contraire au-devant de la dent qui doit la pousser; de sorte que, quoiqu'il y ait la même impulsion, il n'y a

point de battement à cette partie de l'échappement. Ainsi, de deux vibrations, il n'y en a qu'une qui se fait entendre; et, comme elles sont chacune d'une demi-seconde, le battement est d'une seconde entière, ce qui donne le même effet qu'un pendule de trois pieds et demi. Afin que l'aiguille marque en même temps les secondes, on place un rochet de soixante dents derrière la cage, dont l'axe traverse tout le mouvement, et porte l'aiguille des secondes au centre du cadran. Ce rochet est traversé perpendiculairement par un petit pendule qui porte une pelote mobile en cliquet, lequel fait avancer une dent à chaque vibration, par le moyen d'une petite cheville qui est rencontrée à chaque retour par la verge du pendule. La difficulté de l'art consiste à ajuster parfaitement ces pièces en équilibre, afin qu'elles n'exigent point une augmentation sensible de la force motrice.

Par ce moyen on peut avoir sur son bureau ou sur sa cheminée une pendule de peu de hauteur, qui marque et batte les secondes, comme une grande de quatre à cinq pieds, qui embarrasserait beaucoup, et dont le transport n'est pas facile. On peut même ajuster ce mécanisme à une ancienne horloge qui aurait un pendule de neuf pouces, ou, si elle ne l'avait pas, on pourrait le lui donner en changeant quelque chose à la cadrature. Le sieur Nepveu, maître horloger à Paris, a beaucoup exécuté de ces pendules suivant les idées de l'inventeur.

Pendule en forme de globe. — Un horloger, près de la ville de Luxembourg dans les Pays-Bas, a imaginé de placer une pendule dans un globe qui reste suspendu au milieu d'un appartement. Sa pesanteur seule lui sert de moteur. Le cadran est circulaire, et l'aiguille des heures, ainsi que celle des minutes, est recourbée. Le tout se trouve dans l'hémisphère intérieur de la boule. Il n'est besoin, pour remonter cette horloge, que de la soulever.

Pendule à équation. — La pendule d'équation est une espèce de pendule construite de façon qu'elle marque et l'heure du temps vrai, et celle du temps moyen; à raison de quoi, la différence entre ces deux espèces d'heures indique l'équation du soleil.

Quoiqu'on ait commencé de très-bonne heure à faire des horloges curieuses qui marquaient les mouvements des planètes, etc., cependant leur mouvement était trop irrégulier, pour qu'on pensât à leur faire marquer les équations du soleil, ces horloges avançant ou retardant souvent d'une demi-heure en très-peu de temps, tandis que l'équation du soleil n'est que de seize minutes dans l'espace de trois mois. Mais dès que l'on eût appliqué le pendule aux horloges, le mouvement de ces horloges, ou plutôt de ces pendules, en devint si juste par rapport à celui des horloges ordinaires, qu'on s'aperçut bientôt que, pour les bien régler, il fallait avoir égard à l'équation du soleil, ce qui fit apparemment naître l'idée des pendules à équation. Les pendules à équation doivent non-seulement marquer le temps qu'indique une pendule parfaitement exécutée, c'est-à-dire, les vingt-quatre heures justes d'un midi à l'autre, ce qu'on appelle le *temps moyen*, mais elles font en même temps la différence du temps que le soleil parcourt d'un midi à l'autre, et qui est le *temps vrai*.

Ces deux temps ne se rencontrent jamais précisément à la même seconde, parce que le soleil ne revient jamais au même point de son midi en vingt-quatre heures justes, ou, pour mieux dire, en 86,400 secondes précises. La différence est très-inégale et change tous les jours, de sorte qu'il arrive que le soleil retarde même jusqu'à 14 minutes et 44 secondes, tandis que dans un autre temps de l'année il avance par degrés jusqu'à 16 minutes 9 secondes. Or les pendules à équation, moyennant une roue annuelle qui fait son tour en 365 jours, 5 heures, 49 minutes, 12 secondes, et une courbe correspondante à cette roue, marquent le temps vrai par une troisième aiguille; ou bien, selon l'invention nouvelle encore plus sûre et moins compliquée, par un cadran mouvant sur lequel sont gravées les minutes de la différence du soleil, de sorte que d'un seul coup d'œil on peut voir le temps moyen que le pendule marque par sa justesse, et le temps vrai ou les variations du soleil, qui deviennent quelquefois très-considérables. On peut même se dispenser de faire faire à la roue annuelle les 5 heures 49 minutes 12 secondes de plus que les 365 jours, qui sont le nombre de ceux qui composent l'année civile, parce qu'il faut également remettre tous les ans, le 1er de mars, l'équation à l'heure du soleil. Sans cette précaution, la pendule ne serait pas longtemps à l'heure précise.

Cette réunion des deux temps est une des plus utiles découvertes que l'art de l'horlogerie ait jamais faites. Les plus habiles horlogers de Paris et de Londres sont arrivés à un tel point de perfection, que leurs pendules à équation sont presque toujours parfaitement d'accord avec les tables d'équation reconnues pour les meilleures.

Les premières pendules à équation ont paru en Angleterre vers l'an 1692. Il s'en trouva aussi une dans le cabinet du roi d'Espagne, en 1699, dont parle M. Sully dans la *Règle artificielle du temps*. Cette pendule marquait l'équation du soleil, au moyen de deux aiguilles, dont l'une indiquait le temps vrai, et l'autre le temps moyen; et c'est de cette façon qu'on les a faites en Angleterre. Le même M. Sully propose, dans le même livre, de faire une pendule non pas d'équation, mais dont l'inégalité des vibrations du pendule répondrait à l'inégalité des jours, etc., idée qui était aussi venue au R. P. D. Alexandre, bénédictin, dès 1699, ce qu'il prouve par le certificat de l'Académie royale des sciences, qu'il rapporte. Ce Père, dans son *Traité des horloges*, s'efforce de prouver la beauté de cette invention; mais

pour peu qu'on entende l'horlogerie, on verra combien elle est ridicule, et que les pendules ne sont pas déjà trop précises, pour ajouter de nouvelles sources d'erreur dans l'allongement et le raccourcissement périodique du pendule. Mais il est inutile de parler de cette espèce de pendules, qui ne sont réellement pas des pendules à équation.

Ces pendules furent inventées et perfectionnées en France, vers l'an 1717. Comme celles qui furent faites à Paris eurent une indication du temps vrai différente de celle employée dans les pendules anglaises, on a admis deux sortes d'équation, une *grande* et l'autre *moyenne* : celle-ci produit exactement les effets dont on vient de parler, et qui, à tous égards, sont les plus naturels; celle-là est indiquée, dans la connaissance des temps, sous le nom d'équation d'horloge. Elle marque le temps vrai d'une manière louche et embarrassante, parce qu'on a jugé à propos de la faire avancer en tout temps de seize minutes, neuf secondes; en sorte qu'elle ne peut se trouver d'accord qu'une seule fois l'année avec le soleil, ce qui arrive le 2 novembre, jour auquel cet astre devance le temps moyen de seize minutes neuf secondes.

De ces deux espèces d'équation, la moyenne est celle qui se conforme avec plus de précision au mouvement du soleil, puisqu'elle le fait trouver quatre fois l'année parfaitement d'accord avec le temps moyen.

Tout ce qu'on vient de dire sur les pendules à poids peut de même s'exécuter dans des pendules à ressort, qu'on place sur des cheminées, consoles ou bureaux, ou qu'on accroche contre la boiserie des appartements.

Ces pendules ne sont pas tout à fait aussi exactes que celles qui sont à poids, mais elles sont susceptibles d'assez de justesse depuis qu'on ajoute une fusée au barillet. Cette fusée, dont nous parlerons ci-après, artistement entaillée en forme de vis, et attachée au barillet par une chaîne d'acier, attire à elle le ressort moteur que l'on trouve enfermé dans ce barillet, et fait que ce ressort agit toujours avec une force aussi parfaitement égale qu'il est possible.

Quelques horlogers sont dans la persuasion que le ressort moteur peut avoir une égalité assez juste en lui faisant faire moins de tours, et, par cette raison, pour simplifier les pendules, ils retranchent la chaîne et la fusée; mais ces sortes de pendules ne sont jamais d'un service durable. On a encore prétendu qu'on peut se passer de fusée dans les pendules, en leur appliquant de longs et pesants balanciers, et en pratiquant à leur mouvement des échappements à repos pour corriger l'inégalité de la force des ressorts; ce qui peut rendre ces mêmes pendules plus simples, pourvu qu'on fasse faire peu de tours à leur ressort. On assure encore que ces pendules peuvent durer tout autant et même plus que celles qui ont des fusées. Mais, quelque précaution qu'on puisse prendre, les pendules à ressort n'approcheront jamais de la justesse et de la solidité de celles qui sont animées par des poids dont la pesanteur est toujours la même. Toutes les horloges, pendules ou montres, ont des échappements que nous ferons connaître plus particulièrement ci-après. Les *échappements* sont les mouvements alternatifs que la dernière roue, à compter de celle à laquelle est attaché le poids ou ressort moteur, est obligée de faire en vibrations égales, lorsqu'elle se trouve arrêtée pour un instant dans son cours, et qu'elle communique par là ce mouvement à tout le reste du rouage. Ces échappements de pendules, tant à ressort qu'à poids, se réduisent principalement à deux espèces; savoir : les échappements *à recul*, et les échappements *à repos*. Il suffit de dire ici que, pour distinguer du premier coup d'œil un échappement à recul d'avec un échappement à repos, on n'a qu'à regarder, pendant quelques instants, l'aiguille des secondes; si l'on voit qu'après chaque battement elle rebrousse chemin, comme si elle rencontrait une espèce de ressort qui la fait revenir, on conclura que c'est un échappement à recul; si au contraire, on voit qu'elle reste fixe sur la pointe de la seconde marquée après chaque oscillation ou vibration jusqu'à celle qui la suit, on reconnaîtra par là l'échappement à repos; c'est aujourd'hui celui qui est le plus usité. Cet échappement à repos, aussi bien que celui à recul, s'exécutent, pour ainsi dire, d'autant de différentes façons qu'il y a d'artistes célèbres. Chacun d'eux a son invention en ce genre.

Les artistes sont d'autant plus portés à adopter l'échappement à repos, qu'il est supérieur aux échappements à ancre et recul, en ce qu'il transmet au pendule les forces telles qu'il les reçoit du rouage, et qu'il n'en exige que très-peu de force motrice, au moyen des petites vibrations qu'il permet au pendule. Sa supériorité consiste encore en ce qu'il ne permet au rouage aucun mouvement rétrograde; que ce rouage est sans action, pendant qu'une des dents de la roue d'échappement est sur l'arc de repos des leviers, et qu'il n'a d'action que dans l'endroit où l'aiguille passe d'une seconde à l'autre; par ce moyen, il rend au pendule ce qu'il perd d'une vibration à l'autre, en transmettant au pendule les forces telles qu'il les reçoit. La marche de toute la machine est plus constamment la même.

Pendule en tant qu'appliqué aux horloges. — L'invention des horloges à pendule, qu'on appelle simplement pendules, est due à l'industrie heureuse du siècle passé : Huyghens et Galilée s'en disputent l'honneur. Le premier, qui a fait un volume considérable sur ce sujet, déclare qu'on n'a exécuté cette espèce d'horloge qu'en 1657, et qu'on n'en a imprimé la description qu'en 1678. Becker, dans la *Nova dimetiendi temporis theoria*, se déclare vivement pour Galilée, et rapporte (à la vérité de la seconde main) toute l'histoire de cette invention, ajoutant qu'un nommé Tesler, horloger du père du grand

duc de Toscane, qui vivait de son temps, avait fait la première pendule à Florence, sous la direction de Galilée, et qu'il en avait envoyé un modèle en Hollande. L'Académie del Cimento dit expressément que l'application du pendule au mouvement des horloges avait été proposée d'abord par Galilée, et que c'était son fils, Vincenzo Galilei, qui l'avait mise le premier en pratique en 1649. Quel qu'ait été l'auteur de cette invention, au moins il est certain qu'elle n'a reçu la perfection que d'Huyghens, lequel fait remarquer avec soin que si Galilée en a eu quelque idée, au moins ne l'a-t-il pas portée à sa maturité.

C'est en 1662 que M. Fromentel, Hollandais, a fait en Angleterre le premier pendule.

Le pendule, en tant qu'appliqué à l'horloge, est composé d'une verge d'acier suspendue à un point fixe, de façon qu'elle puisse se mouvoir librement autour de lui, et d'un corps grave, auquel on donne la forme lenticulaire, afin de diminuer la résistance que l'air apporte à son mouvement. Ce qui rend le pendule si supérieur aux autres régulateurs, c'est que, perdant fort peu de son mouvement, il est entretenu en vibration par une force très-faible à son égard, et dont par conséquent les inégalités influent bien moins sur sa justesse.

Si l'on met en vibration dans le même temps un pendule et un balancier joint à son ressort, l'expérience fait voir qu'au bout de 90 secondes, le dernier aura perdu tout son mouvement, au lieu que l'autre le conservera pendant dix heures et plus. Ainsi les restitutions du mouvement sur le pendule sont à celles qu'exige le balancier aidé du ressort, à peu près comme 1 à 400. Plusieurs causes concourent à cette supériorité du pendule sur le balancier : les particules du ressort éprouvant un frottement les unes sur les autres, quand il reprend sa première figure, la force qu'il devrait communiquer au balancier en est d'autant plus diminuée ; mais ce qui contribue encore plus à la perfection du pendule, c'est la suspension.

L'expérience a montré qu'un long pendule donne plus de régularité qu'un court, en parcourant les mêmes espaces : en voici les raisons. 1° Sa lentille, descendant par un plan moins incliné, peut être beaucoup plus pesante, parce que son mouvement est moins difficile à restituer, et parce qu'il s'en perd une moindre quantité, le nombre des oscillations dans un temps quelconque n'étant pas si considérable, et l'air n'étant point frappé avec autant de rapidité dans chacune d'elles. 2° Pour des solides de figures semblables, les surfaces n'étant point comme les masses, mais comme les carrés de leurs racines cubiques, les résistances de l'air deviennent d'autant moins puissantes sur les lentilles fort pesantes. 3° Ces vibrations, plus lentes, rendent le rouage plus simple, plus constamment le même, et moins sujet à l'usure. On remarque que dans les pendules à secondes, par exemple, les trous des pivots ne s'usent presque jamais. 4° Par toutes les raisons précédentes, la force motrice d'un long pendule peut être beaucoup moins considérable à l'égard du poids vibrant ; et les inégalités de cette force influent beaucoup moins sur la justesse des vibrations. Enfin, les longs pendules peuvent décrire des arcs beaucoup plus petits, qui, comme il est démontré, approchent davantage des arcs cycloïdaux.

Des boules ou lentilles appliquées aux pendules. — Les boules ou lentilles qu'on applique aux pendules sont faites de plusieurs manières, et il faut s'y prendre différemment pour les remonter et pour les faire descendre. Il y a des lentilles qui ne font que glisser sur le milieu de la verge du pendule. Il faut seulement les pousser de bas en haut, ou de haut en bas, selon qu'il en est besoin pour faire avancer ou retarder le mouvement de la pendule ; mais c'est une mauvaise manière de construire les pendules, car il est très-difficile de les bien ajuster. D'autres pendules ont le fil en bas, fait en vis, et la lentille tourne dessus. Pour remonter la lentille de ces sortes de pendules, il faut la tourner de gauche à droite, et au contraire, pour la faire descendre, il faut la tourner de la droite à la gauche.

Les pendules à secondes, au moins comme on les fait en Angleterre, ont une boule aplatie et pesante de deux à trois livres, qui est faite pour glisser sur un carré au bas du fil, et qui est soutenue par une pièce de cuivre qu'on nomme écrou, formé en 4, 6 ou 8 angles, lequel tourne sur le bout du fil fait en vis, de sorte qu'en tournant cette pièce de gauche à droite, on fait hausser la boule, et la tournant de l'autre côté, on la fait baisser.

Il est d'autres pendules, particulièrement celles à répétition, où il faut allonger ou raccourcir le pendule par le moyen d'une aiguille qu'on fait tourner sur un petit cercle fait au cadran pour cet effet, et la manière de régler ces pendules est précisément la même que dans les montres de poche. (*Règle artificielle du temps, par Sully.*)

Pendule circulaire. — Ce pendule ne fait pas son mouvement de côté et d'autre, mais toujours en rond. La verge de ce pendule est suspendue en haut comme celle du pendule à secondes, et la lentille est fixée en bas et appliquée comme si elle était au bout de l'aile d'un tournebroche commun. Le mouvement de ce pendule circulaire est aussi régulier et à peu près le même que celui des autres. Le docteur Hook l'a perfectionné jusqu'au point qu'il pouvait connaître, par les circulations qu'il faisait, les divisions d'un quart, d'une moitié, ou d'une partie encore moindre de son tour, de manière qu'on fût averti, non-seulement d'une seconde, mais aussi de la moindre partie d'une seconde.

Pendule ou balancier pour la musique. — M. d'Onsembray avait imaginé de faire marquer la mesure, dans la musique, par une espèce de pendule, sur le cadran de laquelle

étaient gravés différents mouvements d'air, comme rigodons, sarabandes, menuets, gavottes, chaconne, etc.

En mettant l'aiguille vis-à-vis une de ces inscriptions, on raccourcissait ou allongeait le pendule, en sorte qu'il donnait par ses vibrations le mouvement précis de l'air.

Pendules à quarts. — Les hommes étant toujours portés à imiter, ce n'est qu'avec effort qu'ils sortent des routes ordinaires.

Ainsi la sonnerie des heures, dans les premières horloges, ayant été faite avec un rouage particulier, quand on voulut leur faire sonner des quarts, on n'imagina rien de mieux que de faire aussi un rouage pour la sonnerie des quarts, quoique ce fût employer beaucoup d'ouvrage à produire peu d'effet, ce qui est directement contraire à la saine mécanique, qui veut que la complication des machines soit toujours proportionnelle à celle des effets qu'elles produisent. Plusieurs horlogers, sentant ce défaut des pendules à quarts, ont voulu y remédier en les faisant sonner l'heure et les quarts par un seul rouage; mais jusqu'à présent il y en a peu qui aient réussi, leurs pendules, pour la plupart, étant fort compliquées : il n'y a que quelques habiles horlogers qui en aient fait avec cette simplicité qui est, si cela se peut dire, la véritable élégance dans les machines. Quant à la disposition des rouages du mouvement, de la sonnerie des heures et de celle des quarts d'une pendule à quarts ordinaire, elle ne diffère en rien essentiellement de la pendule à quinze jours.

Quant au nombre des roues du mouvement, le voici :

Barillet.	84—14
2ᵉ Roue.	84—7
3ᵉ Roue.	78—6
Roue de champ.	66—6
Roue de recontre.	33—2
	verge des palettes.
Pendule.	

Par ces nombres, on voit que la troisième roue, ou la roue à longue tige, faisant un tour par heure, le nombre des vibrations du pendule, dans le même temps, sera de 9,438, et, par conséquent, que la longueur de ce pendule sera de 5 pouces 3 lignes ou à peu près; un pendule de cette longeur donnant par heure 8,450 vibrations. Or, par les nombres des premiers mobiles, il est clair que la roue à longue tige fait 72 tours pour 1 du barillet, et, le ressort faisant 6 tours dans le barillet, il s'ensuit que le ressort, avant d'être au bas, fera faire à cette roue 432 tours, qui équivaudront à autant d'heures; et ce nombre, étant divisé par 24, donnera le nombre de jours que la pendule marchera avant que d'être au bas. La sonnerie des heures n'en diffère pas essentiellement non plus, si ce n'est, 1° que, cette pendule sonnant la demie pour les quarts, un tour du chaperon, au lieu d'équivaloir à 90 coups de marteau, n'équivaut qu'à 78, nombre des heures qu'une pendule doit sonner en 12 heures; et, 2° que le détentillon, au lieu d'être levé par la roue des minutes toutes les heures, l'est par un chaperon qui appartient aux quarts; de sorte que l'heure ne peut sonner qu'après les quarts, et qu'il n'est point nécessaire que ce détentillon ait une partie telle que celle d'une pendule à sonnerie ordinaire, pour faire le délai, parce qu'ici la sonnerie des heures est dirigée par celle des quarts, et que, dès que ceux-ci sont sonnés, il faut que l'heure parte. Quant à la sonnerie des quarts, voici comment elle s'exécute : la roue des minutes porte quatre chevilles, qui lèvent alternativement le détentillon des quarts pour faire détendre la sonnerie des quarts comme à l'ordinaire; celle-ci étant libre sonne de la manière suivante. La roue porte un nombre de chevilles égal aux coups de marteau que les quarts doivent frapper pendant une heure, c'est-à-dire dix; et comme ces dix coups doivent être frappés alternativement par deux marteaux, dont l'un doit toujours partir le premier, six de ces chevilles sont d'un côté de la roue et quatre de l'autre, et non toutes d'un même côté; ces chevilles lèvent alternativement une double bascule pour les deux marteaux qui sont placés sur le côté. La sonnerie des quarts ayant été mise en liberté, la pendule sonne un certain nombre de quarts qui sont déterminés, de même que dans la sonnerie des heures, par une roue de compte qui entre à carré sur l'axe de la roue de chevilles, et qui est divisée en quatre parties, 1, 2, 3, 4, pour un quart, deux quarts, etc. Lorsque l'aiguille des minutes est sur le midi, dans l'instant que les quatre quarts sont sonnés, la cheville du chaperon lève le détentillon de la sonnerie des heures, au moyen de quoi l'heure sonne. On conçoit bien que le nombre des tours de la roue de chevilles de la sonnerie des quarts par rapport à ceux de son barillet, sont déterminés de façon que si la pendule va dix-huit jours, par exemple, cette roue fera autant de tours qu'il y a d'heures dans cet intervalle de temps; c'est ce qu'on verra facilement par les nombres de cette sonnerie. On concevra de même, que comme ia sonnerie des heures ne frappe que 78 coups en 12 heures, la roue de chevilles de cette sonnerie fera par tour du chaperon un nombre de tours qui, multiplié par celui de ses chevilles, sera encore égal à 78.

Nombre des roues de cette pendule.—Mouvemen..

Barillet.	84—14
2e Roue.	77—7
3e Roue.	72—6
Roue de champ.	60—6
Roue de recontre.	31—2
	verge des palettes.

PENDULE. *Sonnerie des heures.*

Barillet.	84—14
2e Roue.	78—8
	8 chevilles,
Roue de chevilles.	56—7
Roue d'étoquiau.	56—6
Roue du volant.	48—6 pignon du volant.

Sonnerie des quarts.

Barillet.	84—16
2e Roue.	72—8
	10 chevilles.
Roue de chevilles.	60—6
Roue d'étoquiau.	56—6
Roue du volant.	48—6 pignons du volant.

Montre ou pendule à répétition. — C'est une montre ou pendule qui ne sonne l'heure et les quarts, etc., que lorsqu'on pousse le poussoir ou que l'on tire le cordon. On doit cette invention aux Anglais. Ce fut en 1676, vers la fin du règne de Charles II, qu'un nommé Barlow inventa les pendules à répétition. Cette nouveauté excita l'émulation de la plupart des horlogers de Londres, qui s'attachèrent à l'envi à faire des pendules de cette espèce, ce qui en produisit en peu de temps un très-grand nombre construites de toutes sortes de façons.

On continuait toujours à faire de ces pendules, lorsque sur la fin du règne de Jacques II, le même Barlow ayant imaginé de faire des montres de la même espèce, et en ayant en conséquence fait faire une par M. Tompion, le bruit courut parmi les horlogers qu'il voulait la présenter à la cour, pour obtenir un privilége exclusif pour ces sortes de montres. Là-dessus quelques-uns d'entre eux ayant appris que Quare, un des plus habiles horlogers que les Anglais aient jamais eus, avait inventé quelque chose de semblable, ils le sollicitèrent de s'opposer au privilége de Barlow. Ils s'adressèrent donc tous les deux à la cour, et une montre de l'une et l'autre construction ayant été présentée au roi dans son conseil, le roi, après avoir fait l'épreuve de l'une et de l'autre, donna la préférence à celle de M. Quare, ce qui fut rendu public dans la *Gazette* de Londres.

Voici la différence de ces deux répétitions: dans celle de Barlow on faisait répéter la montre en poussant en dedans deux petites pièces situées l'une d'un côté de la boîte, l'autre de l'autre. La première faisait sonner les heures, et l'autre les quarts. Dans celle de Quare, une seule cheville, située près du pendant, servait à ces deux effets; car, en la poussant comme cela se fait encore aujourd'hui, la montre sonnait l'heure et les quarts.

On a fait des pendules et des montres à répétition de tant de constructions différentes, que ce serait un grand travail que d'entreprendre de donner une description de chacune en particulier.

PERLES ARTIFICIELLES. — On donne ce nom à de petits globules en verre mince, percés de deux trous opposés à l'aide desquels on peut les enfiler, lorsqu'on les a préparés de manière à ce qu'ils puissent imiter les concrétions arrondies, brillantes et irisées des perles orientales que fournissent certaines coquilles bivalves. Ces globules se soufflent très-minces à la lampe avec des verres blancs bleuâtres opalins; on y introduit une goutte d'*essence d'Orient*, qu'on prépare avec des écailles d'ablette — *voy.* Ablettes, — et de l'ammoniaque, et on fait sécher doucement pour faciliter la volatilisation de l'ammoniaque; enfin, pour donner plus de solidité aux globules, on en remplit ordinairement l'intérieur avec de la cire. Les grains de verroterie employés pour colliers, chapelets, etc., se font d'une manière toute différente. On prend des tubes en verre blanc laiteux, simple ou doublé en rouge, bleu, etc., selon qu'il s'agit d'obtenir des grains blancs ou colorés. Ces tubes, analogues aux tiges de thermomètres, et

d'un diamètre proportionné à celui des grains que l'on veut obtenir, sont coupés par paquets en cylindres d'une hauteur égale à leur diamètre ; on introduit ensuite ces petits cylindres, avec un mélange de plâtre et de graphite, ou de charbon de bois pulvérisé et d'argile, dans un tambour pyriforme en cuivre ou en fer battu traversé par un axe en fer, et que l'on place ensuite au-dessus d'un foyer dans un fourneau convenablement disposé ; on imprime au tambour un mouvement de rotation continu ; les cylindres de verre se ramollissent par l'effet de la chaleur, et prennent peu à peu, par le frottement, une forme sphérique. Les substances pulvérulentes que l'on a introduites dans le tambour empêchent les globules de verre de se souder les uns aux autres. Lorsque l'opération est terminée, on retire le tambour du fourneau au moyen d'une petite grue à volée mobile ; on laisse refroidir et on sépare par le tamisage les matières pulvérulentes. — (Voy. *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*)

Cette industrie est parvenue jusqu'à imiter le poids des perles naturelles. Le département de la Seine en exporte à lui seul, suivant l'*Encyclopédie des gens du monde*, pour plus de 500,000 francs. Cette invention remonte au règne d'Henri IV.

PERLES FINES. *Voy.* NACRE.

PÉTRIN MÉCANIQUE. — Tout le monde sait que l'opération du *pétrissage à la main* est très-fatigante, et la continuité qu'elle exige est si dure et si pénible, qu'elle a fait donner le nom de *geindre* au premier garçon boulanger. Ce nom, qui est encore usité dans les boulangeries, semble peindre à la pensée l'état pénible qu'éprouve le pétrisseur dans ce maniement de la pâte, en nous rappelant la signification du verbe *geindre*, qui est vieux et populaire.

Dans ces derniers temps, de nombreuses améliorations ont été introduites dans la préparation du pain ; on en a fait une opération tout à fait industrielle. C'est par l'emploi des *pétrins mécaniques* et des fours chauffés à l'air chaud (*Voy.* FOURS AÉROTHERMES) que cette transformation remarquable s'est opérée. Nous nous contenterons de faire connaître ici quelques-uns des appareils de pétrissage mécanique le plus généralement employés.

M. Fontaine est le premier qui ait construit un appareil de ce genre fonctionnant régulièrement. Cet appareil a été amélioré par M. Moret. On l'employa dans le grand établissement de MM. Mouchot frères, boulangers à Montrouge.

Nous en empruntons la description à M. Knab.

« C'est, dit M. Knab, un cylindre à douves de 0m, 04 d'épaisseur réunies par des cercles en fer ; ce cylindre, fermé aux deux extrémités et séparé en deux capacités par un diaphragme, porte un couvercle muni de charnières, et tourne autour d'un axe sur lequel sont fixés des bras ; le cylindre lui-même porte d'autres bras qui passent, quand il tourne, entre les bras de l'axe fixe autour duquel il se meut.

« C'est dans les deux compartiments du pétrin que sont déposés les levains, on y ajoute la farine et l'eau nécessaires ; après avoir fermé le cylindre, on lui imprime un mouvement de rotation qui lui est transmis par une machine à vapeur. La vitesse est de 4 tours par minute ; 15 à 17 minutes suffisent au pétrissage, dont la fin est annoncée par une sonnette fixée au cylindre et mise en mouvement par une roue à rochets. Le pétrissage obtenu au moyen de cet appareil est excellent ; il a, en outre, l'avantage de présenter une propreté qu'on ne trouve pas dans le pétrissage à bras d'homme ; le seul résultat qu'on n'obtienne pas en l'employant, c'est une fermentation aussi active que dans la même opération faite à bras, fermentation dont la rapidité, dans ce dernier cas, est due, sans le moindre doute, à la sueur des hommes qui pétrissent.

« Cette fermentation trop lente a empêché jusqu'ici l'emploi des pétrins mécaniques dans les manutentions militaires, emploi qui faciliterait beaucoup la préparation du pain des soldats en campagne.

« Les pétrins mécaniques étaient d'abord en bois, maintenant on les fait généralement en fonte. »

On reproche au pétrin Fontaine de tenir la pâte enfermée dans un cylindre clos et de cacher l'opération à l'ouvrier. M. Roland, ancien boulanger, et maintenant ingénieur civil, s'est appliqué à corriger cet inconvénient. Il a imaginé un pétrin où la pâte est travaillée à l'air libre, et sans qu'aucune partie de l'opération soit cachée. Ce sont deux hélices agissant en sens contraire, qui saisissent et renvoient la pâte en reproduisant, autant que possible, la manipulation du pétrissage à bras. Cet appareil est employé avec succès dans la manutention des hospices civils.

Un autre pétrin, aussi dans de très-bonnes conditions, a été construit par M. Rolland ; il paraît encore plus simple et plus économique de force ; il n'opère que le travail indispensable pour laminer et étirer la pâte.

PHARE. — Les phares sont des foyers lumineux placés ordinairement au sommet des tours élevées, et destinés à indiquer pendant la nuit les points remarquables des côtes, les écueils, l'embouchure des fleuves ou l'entrée des ports.

L'emploi de lumières pour guider les navigateurs pendant la nuit remonte à une haute antiquité. Le fanal élevé sur l'île de Pharos par le gnidien Sostrate, sous le règne de Ptolémée Philadelphe, l'an 470 de la fondation de Rome, passa longtemps pour une merveille. Les Romains employèrent aussi ces appareils, et l'on voyait même encore en 1643 le phare qu'ils avaient élevé à Boulogne, pour diriger les navires qui traversaient la Manche.

Les phares de France forment un système d'éclairage en grande partie terminé, et déjà

le plus complet de l'Europe entière. Nos côtes se garnissent chaque soir d'une ceinture lumineuse pour indiquer aux navires leur véritable position, et leur permettre de se diriger vers les ports qu'ils doivent atteindre.

Les phares étaient autrefois éclairés par des feux de bois ou de charbon de terre, que l'on entretenait soigneusement pendant toute la nuit. Le célèbre Borda remplaça cet éclairage imparfait par des lampes à réflecteurs; c'était le premier pas dans la voie des perfectionnements réalisés depuis cette époque. Les lampes à double courant d'air d'Ami-Argant furent ensuite appliquées à l'éclairage des phares, et des miroirs paraboliques, soigneusement exécutés, substitués aux simples réflecteurs. Tels étaient les moyens d'éclairage employés pour les phares, lorsque M. Augustin Fresnel parvint, en 1819, à faire établir ces beaux appareils dioptriques, à lentilles annulaires, que nous donnons plus loin avec détails.

Les phares de France sont partagés en quatre classes de grandeurs et de portées différentes; les phares de premier ordre, espacés en général de 14 lieues marines les uns des autres, servent à reconnaître les parages, et pour les bâtiments qui viennent du large, à corriger l'estime; les phares de deuxième et de troisième ordre indiquent les écueils, les baies et les rades foraines; enfin, les phares du quatrième ordre signalent les passes, l'embouchure des fleuves et l'entrée des ports.

Chacun des feux distribués sur les côtes, ayant à faire reconnaître le lieu qu'il éclaire, doit offrir un caractère distinctif qui ne permette pas de le confondre avec d'autres. Comme ces grands phares sont ordinairement situés à 7 lieues marines au moins les uns des autres, il s'ensuit qu'avec un très-petit nombre d'espèces différentes, deux feux semblables sont toujours séparés l'un de l'autre par une distance plus grande que l'erreur dans laquelle peut être un bâtiment sur sa véritable route, ce qui ne permet aucune confusion à cet égard. Le petit nombre de moyens que nous allons indiquer suffit donc pour établir la distinction des feux.

Quelques phares sont à feu fixe et éclairent constamment tous les points de l'horizon, mais le plus grand nombre sont à éclipses. La durée relative de l'éclat varie avec la distance de l'observateur, mais le temps qui sépare une éclipse de la suivante est constant, et fournit le caractère distinctif du feu. D'autres phares, enfin, offrent un feu fixe varié par des éclats périodiques très-brillants, ce qui fournit un troisième moyen de distinction. On a construit quelques lanternes des phares de quatrième ordre en verres de couleur, espérant obtenir ainsi un nouveau moyen de caractériser les feux; mais ces verres absorbent beaucoup de lumière, et certains états de l'atmosphère peuvent modifier singulièrement la teinte qu'ils présentent habituellement, et même faire paraître colorés des feux blancs, ce qui pourrait entraîner dans les erreurs les plus funestes.

La *construction des phares* exige toujours beaucoup de soin et présente dans quelques circonstances les difficultés les plus sérieuses. L'élévation considérable de ces édifices rend indispensable l'emploi de matériaux choisis et appareillés avec la plus grande perfection. On peut consulter sur la stabilité de ces monuments et sur celle des hautes cheminées un mémoire intéressant publié dans les *Annales des ponts et chaussées*, par M. Fresnel. L'emploi, dans la construction d'un phare, d'un échafaudage fixe, partant du sol et s'élevant à la hauteur de l'édifice, serait en général fort coûteux, à cause de la force considérable qu'il faudrait lui donner pour résister aux vents violents qui règnent sur les côtes. On emploie donc ordinairement un échafaudage volant, très-léger, qui s'élève avec la tour elle-même. Le montage des matériaux mérite aussi, dans ce genre de construction, de fixer sérieusement l'attention. Quand le centre de la tour est évidé, on fait ordinairement monter les pierres par cette ouverture au moyen d'un treuil placé au sommet. M. Morice Larue, qui a dirigé avec un si grand talent la construction des phares de la Hague et de Barfleur, employait à ce dernier un moyen fort économique pour élever les pierres; les chevaux qui venaient apporter les pierres étaient attelés, en retournant en chercher de nouvelles, à la corde même qui élevait celles qu'ils venaient d'apporter; de sorte que tout leur temps se trouvait utilement employé.

Quand le phare en construction ne présente pas de vide continu dans son intérieur, on dispose sur l'échafaudage une petite grue tournante et à volée mobile, qui enlève les pierres et vient les déposer à la place qu'elles doivent occuper, ce qui facilite et accélère beaucoup le travail des maçons poseurs. Les phares sont souvent établis sur des rochers isolés qui ne sont découverts que pendant les basses mers extraordinaires. Les difficultés de construction sont alors de toutes sortes. L'ingénieur, obligé de veiller à la fois à la bonne exécution du travail dont il est chargé et à la sûreté des ouvriers qui lui sont confiés, a besoin d'une grande activité et d'un dévouement sans bornes. Un travail de cette nature, convenablement dirigé, suffit pour assurer la réputation d'un constructeur : c'est un des postes les plus dignes d'envie.

On amène ordinairement, pendant que la mer est encore haute, les ouvriers et les matériaux nécessaires, et on s'empresse de profiter de la basse mer pour poser les premières assises; dès que le phare est élevé au-dessus des hautes mers, on doit y travailler d'une manière continue, si le temps est calme, et pousser le travail avec la plus grande activité possible, les avaries devenant d'autant moins à craindre que la maçonnerie est plus avancée.

L'emploi des pontons pour disposer les matériaux et recevoir les ouvriers présente

du danger et de grandes difficultés. L'irrégularité inévitable des arrivages retarde le travail et devient aussi quelquefois la cause indirecte des avaries les plus graves. Nous pensons, par conséquent, que toutes les fois qu'il est possible d'établir, sur le rocher ou l'endroit où l'on doit construire, un enrochement solide, formant une espèce d'île artificielle sur laquelle on peut ensuite déposer en sûreté les matériaux et les ouvriers, il convient de suivre cette marche. Les dépenses du premier établissement seront, en général, plus que compensées par la régularité du travail et les économies de transport, de bordage, etc. D'ailleurs, on doit surtout s'attacher, dans les travaux à la mer, à éviter les accidents et les avaries dont une seule suffit quelquefois pour augmenter d'un tiers ou d'un quart les dépenses prévues.

Nous citerons, parmi les phares construits sur des rochers isolés, le *phare du Four*, situé à deux lieues en mer, vis-à-vis le Croisic (Loire-Inférieure), le célèbre *phare d'Edystone*, élevé par Smeaton, ingénieur anglais, et dont le dessin a été si souvent reproduit. Le *phare de la pointe de la Hague*, etc. On trouvera d'ailleurs les plus intéressants documents sur la construction des phares dans les mémoires insérés par MM. Larue et Potel dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1834 et 1835.

Eclairage des phares. — Nous avons dit qu'autrefois les becs des lampes étaient placés au foyer de miroirs paraboliques en métal poli. La lumière de la lampe se trouvait ainsi réunie en un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui se projetaient à une grande distance. On obtenait les feux fixes en réunissant un nombre de miroirs assez grands pour diriger des faisceaux de lumière dans toutes les directions de l'horizon à éclaircir.

Lemoyne, qui avait compris, dès 1782, l'importance des éclipses, comme moyen de distinguer les phares, les produisait au moyen d'écrans qui passaient périodiquement devant ces lampes. Peu de temps après, un Suédois eut l'idée d'imprimer un mouvement de rotation aux miroirs eux-mêmes, de sorte que le même faisceau lumineux était constamment utilisé, en parcourant successivement les différents points de l'horizon.

Les miroirs métalliques absorbent toujours au moins la moitié de la lumière incidente, leur exécution est très-délicate, leur entretien fort difficile et leur poids considérable, aussi sont-ils aujourd'hui complétement abandonnés. Il n'en existe plus que dans un ou deux phares, où ils seront même bientôt remplacés par des appareils lenticulaires dont nous allons expliquer la construction et le mode d'éclairage.

Occupons-nous d'abord des lampes employées dans les appareils dioptriques. Pour arriver au résultat le plus avantageux, la flamme doit présenter le plus vif éclat sous le plus petit volume possible, afin que toutes ses parties soient peu éloignées du point mathématique qui constitue le foyer des lentilles. MM. Arago et Auguste Fresnel ont obtenu ce résultat au moyen de lampes à double courant d'air et à mèches concentriques. Un bec à quatre mèches, pour phare de premier ordre, reçoit constamment un excès d'huile, au moyen de petites pompes analogues à celles des lampes dites *Carcel*, mises en jeu par un mouvement d'horlogerie (*Voy.* LAMPES). Les mèches sont enveloppées d'une forte cheminée en verre, surmontée d'un tuyau en tôle que l'on peut allonger et racourcir pour régler le tirage et qui porte en outre une espèce de clef de poêle destinée au même objet.

Le gardien placé dans la chambre de quart au-dessus de la lanterne est averti par un mécanisme fort simple des dérangements qui pourraient arriver à la lampe. L'excès de l'huile amenée aux mèches retombe dans un petit vase percé d'une ouverture à peine suffisante pour lui donner issue, de sorte que ce petit vase est toujours rempli d'huile le temps que les lampes fonctionnent bien; mais si elles se dérangent, la quantité d'huile amenée est moins considérable, le petit vase se vide peu à peu, son poids diminue, et bientôt il peut être soulevé par un contre-poids fixé à l'autre extrémité du levier qui le supporte. Ce mouvement dégage l'échappement d'une sonnette qui s'agite alors violemment pour prévenir de l'accident. Il y a toujours dans le phare une lampe préparée pour remplacer en quelques instants celle qui viendrait à se déranger. Une instruction détaillée, dirigée par les soins de l'administration, enseigne aux agents chargés de l'entretien et de la surveillance des phares toutes les précautions à prendre pour le nettoyage des appareils, le centrage des mèches et autres détails dans lesquels nous ne pouvons entrer ici.

Occupons-nous à présent des appareils lenticulaires qui utilisent la lumière des lampes que nous venons de décrire. On sait qu'en plaçant au foyer principal d'un verre lenticulaire un point lumineux, on produit derrière la lentille un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui peuvent se transmettre à de grandes distances. Tel est le principe fondamental des appareils dioptriques; mais quand on avait voulu l'appliquer, on avait rencontré des difficultés d'exécution qui parraissaient insurmontables. La fabrication des lentilles d'une assez grande dimension était presque impossible; leur poids eût été énorme et leur épaisseur au centre tellement considérable qu'elles auraient absorbé la plus grande partie de la lumière. Fresnel a fait disparaître toutes ces difficultés en employant des lentilles à échelons composées d'un verre central de forme ordinaire entouré d'une série d'anneaux de peu d'épaisseur dont le profil est tel qu'ils ont tous le même foyer principal. Ces différentes pièces de verre ainsi réunies produisent donc l'effet d'une lentille dont on aurait enlevé toute la matière inutile. Les lentilles de cette espèce absorbent à peine 1/20 de la lumière incidente, sont d'une

exécution facile, puisqu'elles n'exigent que l'emploi de masses peu considérables que l'on peut travailler séparément, et enfin leur entretien est on ne peut plus simple. Buffon avait eu déjà l'idée des lentilles annulaires, mais il n'avait pu les exécuter. Tout l'honneur de cette invention revient donc à M. Fresnel, qui, du reste, n'avait pas connaissance des travaux de Buffon sur ce sujet.

Voyons maintenant comment l'ingénieuse idée des lentilles à échelons se prête à tous les besoins de l'éclairage des phares. Pour obtenir les feux fixes, on forme un tambour annulaire engendré par la révolution du profil non plus autour d'une droite verticale passant par le foyer principal du profil; on forme ainsi le tambour à feu fixe. Les feux à éclipses sont produits par la rotation d'un tambour octogonal formé de huit grandes lentilles à échelons. Les faisceaux lumineux qui émergent de chacune de ces lentilles parcourent successivement tous les points de l'horizon qu'ils éclairent les uns après les autres. La vitesse de rotation du tambour détermine le temps qui sépare les différents éclats; ainsi, par exemple, quand il fait une révolution en huit minutes, on aperçoit un éclat par minute. Les phares à feux variés par des éclats présentent une disposition un peu différente. Ils sont formés d'un tambour circulaire à feu fixe, autour duquel tourne une lentille prismatique dont la figure indique la section droite. La lumière émise par la lampe et déjà réunie en nappe circulaire par le tambour à feu fixe se trouve de plus réunie en faisceaux parallèles, et produit ainsi un éclat passager plus vif que celui du feu fixe. Cet éclat est nécessairement précédé et suivi d'une petite éclipse dont la durée, comme celle de l'éclat lui-même, dépend de la vitesse de rotation de la lentille prismatique autour du tambour fixe.

Les appareils tels que nous venons de les décrire n'utiliseraient que la partie de la lumière de la lampe émise dans l'angle formé par les lignes partant du centre de la flamme et passant par les bords extérieurs des lentilles. Il faut encore utiliser la lumière émise dans les autres directions. On arrive à ce résultat au moyen de différents appareils. La première qui se présente consiste à disposer au-dessus et au-dessous du tambour dioptrique une série de miroirs paraboliques ayant tous pour foyer la lampe elle-même. L'exécution et l'entretien de ces miroirs est difficile, et ils ne réfléchissent régulièrement, comme nous l'avons déjà dit, que la moitié de la lumière qu'ils reçoivent. On leur a donc substitué un système de lentilles à échelons inclinés sur lesquels tombe la lumière et dont elle émerge en faisceaux parallèles qui sont à leur tour renvoyés dans la direction voulue par des miroirs plans, en glaces étamées, convenablement inclinés. Cette disposition absorbe moins de lumière que la première, mais elle est compliquée, et les miroirs étamés ont l'inconvénient de s'altérer assez rapidement. On adopte par conséquent, aujourd'hui, une disposition plus parfaite dont le prix est malheureusement trop élevé. On place au-dessus et au-dessous du tambour principal une série d'anneaux, à section triangulaire, dont la forme est calculée de telle sorte que la lumière, en arrivant divergente à la partie inférieure, éprouve sur la face la plus inclinée une réflexion totale, et sort ensuite, par la troisième face, en faisceaux parallèles. Ces anneaux dioptriques remplissent donc à eux seuls la double fonction des lentilles et des miroirs de l'appareil précédent, ils absorbent très-peu de lumière et ne s'altèrent pas plus que le reste de l'appareil.

Les appareils lenticulaires des phares à éclipses sont supportés par un pivot et un système de galets. Un mouvement d'horlogerie mû par un poids et placé au-dessous de la lanterne leur imprime le mouvement de rotation qu'ils doivent avoir. Dans tous les cas, l'appareil d'éclairage est renfermé dans une lanterne en glace qui couronne le phare. Le dôme de la lanterne est en cuivre et surmonté d'un paratonnerre. Les glaces sont fixées dans les nervures de montants en fer ou mieux en bronze; malgré leur épaissseur de $0^m,008$ à $0^m,010$, elles sont souvent cassées par les oiseaux de mer qui viennent se précipiter vers la lumière.

La fabrication des appareils dioptriques des phares est arrivée aujourd'hui, grâce aux efforts de MM. Soleil et Henri Lepaute, à un degré de perfection qui laisse peu de chose à désirer. L'Angleterre, la Suède, La Norwége et les Etats-Unis ont acheté en France, depuis quelques années, plus de quarante appareils d'éclairage pour les phares.

Portée des phares, intensité de leur lumière. — La portée des phares du premier ordre varie de 28 à 44 kilomètres. Celle des feux de port de 11 à 22 kilom. On ne doit pas confondre cette portée théorique, dépendant de leur élévation, avec la limite de leur visibilité qui peut être sensiblement diminuée par l'état de l'atmosphère, et qui dans des circonstances favorables et pour des phares très-élevés peut s'étendre, au contraire, beaucoup plus loin. Le phare du mont d'Agde, par exemple, a été aperçu de celui du cap de Béarn, à une distance de 93 kilomètres. On suppose, dans le calcul de la portée des phares, que l'observateur est placé sur les vergues, à 12 ou 15 mètres au-dessus du niveau de la mer pour les feux de premier ordre, à 10 mètres pour ceux de second ordre, à 5 mètres pour ceux de troisième ordre, et enfin à trois mètres seulement pour les phares de quatrième ordre. Cela posé, si on appelle R le rayon de la terre, h la hauteur du feu au-dessus des grandes mers, et d la portée, on voit facilement que ces quantités sont liées par la relation $d^2 = h\,(2\,R + h)$; ou supprimant h, quantité infiniment petite par rapport à 2 R, dans le second facteur $d^2 = 2\,R\,h$, d'où on tirerait $h = \frac{d^2}{2R}$. Mais la réfraction atmosphérique augmente la portée

dans le rapport de 84 à 100, de sorte que *d* étant donné, on obtient *h* par la formule $=\frac{0,84\,d^2}{\ldots}$. La lumière d'un bec quadruple, semblable à celui que nous avons décrit, équivaut à 17 becs de Carcel. Les grands panneaux de lentilles à échelons de 1m,00 de hauteur et de 0m,76 de largeur, donnent des éclats qui, dans l'axe, équivalent à 400 becs de Carcel, ou à 24,000 bougies. Il serait matériellement impossible d'obtenir avec des miroirs de pareils résultats.

Administration, prix et statistique des phares.—Quoique la France ne soit pas, à beaucoup près, la nation qui fréquente le plus l'Océan, c'est elle qui met le plus de soin à éclairer ses rivages pendant la nuit. Aucun peuple ne possède encore un système de phares aussi complet que le nôtre. Toutes les dépenses de ce service sont supportées par le trésor public, et aucune charge n'est imposée pour cet objet aux navigateurs. En Angleterre, au contraire, où le système d'éclairage est fort incomplet, on paye dans chaque port un droit pour les phares.

En vertu d'un décret du 7 mars 1806, le service des phares est confié, en France, aux ingénieurs des ponts et chaussées. Mais, comme il intéresse à un haut degré la navigation, le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics a formé auprès de lui une commission des phares, composée d'ingénieurs, de marins, d'hydrographes, d'astronomes et de physiciens, appelés à donner leur avis sur toutes les questions de cette nature. L'administration possède en outre, à Paris, un établissement connu sous le nom d'*Atelier central des phares*, où l'on monte et où l'on vérifie les appareils destinés aux départements, et où l'on fabrique même quelques lentilles. Un ingénieur dirige cet atelier.

L'éclairage des phares de la Méditerranée et celui des phares de l'Océan, depuis Bayonne jusqu'au Finistère, se fait par entreprise. Depuis Dunkerque jusqu'aux côtes du Nord, au contraire, les fournitures d'huile sont seulement mises en adjudication, et le reste du service se fait en régie. L'administration a l'intention d'appliquer à toutes nos côtes cette seconde méthode, beaucoup plus convenable que l'autre. Il est à désirer que cette amélioration soit bientôt réalisée.

Nous avions en France, à la fin de 1845, 123 phares ou fanaux sur les côtes de l'Océan, répartis dans dix-sept départements, et 30 sur la Méditerranée, dans huit départements. Ces établissements représentaient une valeur de 10,658,800 fr.

L'administration publie périodiquement un état descriptif des phares de nos côtes, et prévient longtemps à l'avance les navigateurs de tous les pays des changements qui doivent être apportés dans le système général d'éclairage.

Les verres employés à la fabrication des lentilles à échelons sont maintenant préparés à Choisy-le-Roy. Ils coûtent environ cinq francs le kilogramme. Le mètre superficiel de panneaux de lentilles à échelons est payé 1,750 fr. Nous avons d'ailleurs réuni dans le tableau suivant les renseignements les plus importants sur les frais d'entretien, la consommation d'huile, la valeur, etc., des appareils dioptriques des différents ordres (1).

	Ordre des appareils.		Diamètre intérieur du tambour dioptrique.	Eclat maximum en becs de carcel [1].	Portée répondant à l'élévation ordinaire des feux [2].	Prix des appareils avec partie accessoire catoptrique [3].	Consommation d'huile par heure.	Dépense annuelle du service d'éclairage y compris divers entretiens.	Nombre de gardiens.	Observations.
			mètres.	becs.	milles.	francs.	gram.	francs.		
1er ordre.	Feu fixe.		1,84	450	20	24,500				[1] Ces indications d'éclat se rapportent, pour les phares des trois premiers ordres, à des miroirs placés aux parties inférieures et supérieures.
	Feu tournant	8 grandes lentilles.	1,84	4,000	28	30,000	750	8,000	3	
		16 demi-lentilles.	1,84	2,000	24	30,000				
	Feu varié par des éclats.		1,84	2,800	24	35,000				
2e ordre.	Feu fixe.		1,40	200	16	16,000				
	Feu tournant.		1,40	1,200	18	21,000	500	6,000	2 à 3	
	Feu varié.		1,40	1,200	18	23,500				
3e ordre.	Grand modèle	Feu fixe.	1,00	65	14	8,000	190	4,000	2	[2] On ne doit pas confondre la portée avec la limite de visibilité.
		Feu varié.	1,00	380	15	13,000				
	Petit modèle	Feu fixe.	0,50	35	12	4,000	120	3,500	1 à 2	
		Feu varié.	0,50	200	14	7,000				
4e ordre.	Grand modèle	Feu fixe.	0,375	20	10	2,500	60	1,200	1	[3] Non compris la lanterne.
		Feu varié.	0,375	1[illegible]0	12	5,000				
	Petit modèle.	Feu fixe.	0,30	10	9	17,0[illegible]	45	900	1	
		Feu varié.	0,30	90	10	5,6[illegible]				

(1) Cet article est emprunté au *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

PHOTOGRAPHIE. — Découverte importante au point de vue des sciences physiques et naturelles et à celui des arts, par laquelle on est parvenu à fixer les images formées au foyer de la lentille de la chambre obscure (*Voy.* ce mot), et à créer, par la seule puissance de la lumière, sur une plaque de métal ou de verre, ou sur du papier, le dessin exact des objets.

Nous ne saurions mieux faire que d'emprunter à M. Figuier son beau travail sur la photographie, exposé critique et consciencieux de cette découverte; ses progrès même les plus récents, ses applications aux sciences et aux arts, voilà ce que nous trouverons dans le livre de M. Figuier, que nous ne saurions trop recommander à l'attention de nos lecteurs.

La création de la photographie appartient à deux hommes dont les travaux et le rôle respectifs, dans cette grande découverte, sont très-nettement établis. Joseph-Nicéphore Niepce a, le premier, trouvé le moyen de fixer, par l'action chimique de la lumière, l'image des objets extérieurs; Louis-Mandé Daguerre a perfectionné les procédés photographiques de Niepce, et imaginé dans son ensemble la méthode générale actuellement en usage.

Joseph Niepce était un simple propriétaire de Châlons qui vivait retiré avec sa famille dans une maison de campagne aux bords de la Saône. Aidé de l'un de ses frères, qui possédait des connaissances étendues dans les arts mécaniques, il consacrait ses loisirs à des recherches de science appliquée. Les frères Niepce s'occupèrent ensemble en 1806 de la construction d'une machine motrice dans laquelle l'air, brusquement chauffé, devait remplacer la vapeur; cette machine attira l'attention de Carnot, qui en fit l'objet d'un rapport à l'Institut. La culture du pastel, à laquelle ils se livraient, leur donna ensuite l'occasion de préparer avec cette plante une matière colorante identique avec l'indigo des Indes, question d'une haute importance à une époque où les guerres extérieures privaient le commerce français des produits coloniaux. Enfin une invention des plus précieuses pour les beaux-arts vint changer la direction des travaux de Niepce. La lithographie venait d'être importée en France, et cet art curieux fixait alors toute l'attention des industriels et des artistes; partout on fouillait les carrières pour y chercher du calcaire lithographique. Niepce fit divers essais de reproduction sur quelques pierres d'un grain délicat destinées à être broyées sur la route de Lyon. Ces tentatives ayant échoué, il imagina de substituer aux pierres un métal poli. Il essaya de tirer des épreuves sur une lame d'étain avec des crayons lithographiques, et c'est dans le cours de ces recherches qu'il conçut l'idée d'obtenir sur des plaques métalliques la représentation des objets extérieurs par la seule action des rayons lumineux.

Par quelle série de transitions mystérieuses Niepce fut-il conduit, en partant de simples essais typographiques, à aborder le problème le plus compliqué, le plus inaccessible peut-être de la physique de son temps? La question serait bien difficile à éclaircir. Niepce était fort éloigné d'être ce que l'on nomme un savant. Il appartenait à cette classe d'infatigables chercheurs qui, sans trop de connaissances techniques, avec un bagage des plus minces, s'en vont loin des chemins courus, par monts et par vaux, cherchant l'impossible, appelant l'imprévu, invoquant tout bas le dieu Hasard; Niepce, pour tout dire, était un demi-savant. La race des demi-savants est assez dédaignée, l'ignorance surtout aime à l'accabler de ses mépris; cependant il est peut-être bon de n'en pas trop médire : les demi-savants font peu de mal à la science, et, de loin en loin, ils ont des trouvailles inespérées. Précisément parce qu'ils sont malhabiles à apprécier d'avance les éléments infinis d'un fait scientifique, ils se jettent du premier coup tout au travers des difficultés les plus ardues, ils touchent intrépidement aux questions les plus élevées et les plus graves, comme un enfant insouciant et curieux touche, en se jouant, aux ressorts d'une machine immense, et parfois ils arrivent ainsi à des résultats si étranges, à de si prodigieuses inventions, que les véritables savants en restent eux-mêmes confondus d'admiration et de surprise. Ce n'est pas un savant qui a découvert la boussole, c'est un bourgeois du royaume de Naples; ce n'est pas un savant qui a découvert le télescope, ce sont deux enfants qui jouaient dans la boutique d'un lunetier de Middlebourg; ce n'est pas un savant qui a découvert les applications de la vapeur, c'est un ouvrier; ce n'est pas un savant qui a trouvé la vaccine, ce sont des bergers du Languedoc; ce n'est pas un savant qui a imaginé la lithographie, c'est un chanteur du théâtre de Munich; ce n'est pas un savant qui a découvert le galvanisme, c'est un médecin de Bologne, qui, en traversant sa cuisine, s'arrêta devant sa ménagère, occupée à préparer un bouillon aux grenouilles. Il est donc prudent de ménager un peu cette race utile des demi-savants. C'est peut-être parce que Niepce n'était qu'un demi-savant que la photographie existe. Assurément, si Niepce eût été un savant complet, il n'eût pas ignoré qu'en se proposant de créer des images par l'action chimique de la lumière, il se posait en face des plus graves difficultés de la science humaine; il se fût rappelé qu'en Angleterre l'illustre Humphry Davy, le patient Wedgewood, après mille essais infructueux, avaient déclaré le problème insoluble. Le jour où cette pensée audacieuse entra dans son esprit, il l'eût donc reléguée aussitôt à côté des rêveries de Wilkins ou de Cyrano de Bergerac; il eût tout au plus poussé un soupir de regret et passé outre. Heureusement pour la science et pour les arts, Niepce n'était savant qu'à moitié. Il ne s'effraya donc pas trop des difficultés qui l'attendaient. Il ne pouvait guère prévoir que cette

question, en apparence si simple, allait lui coûter vingt années de recherches, et que la mort le surprendrait avant qu'il eût reçu la récompense et la satisfaction légitime de ses travaux.

Les essais photographiques de Niepce remontent à l'année 1813 ; c'est dans les premiers mois de 1814 qu'il fit ses premières découvertes. 1814! cette date ne suffit-elle pas à elle seule pour montrer avec quelle passion ardente il a suivi la série de ses travaux. L'empire est ébranlé, le pays en feu, le sol en proie à l'invasion étrangère, toute l'Europe se réunit pour nous accabler; cependant il y a quelque part, derrière la Saône, un homme que le bruit de ces agitations immenses est impuissant à détourner de sa tâche. Que lui font à lui et les nations qui s'ébranlent et l'empire qui tombe; il a de bien autres sollicitudes : sur sa plaque il a aperçu aujourd'hui les premiers linéaments d'une image. Autour de lui tout s'agite, partout le trouble et l'anxiété, nul ne sait ce que la France sera demain. *Le soleil de demain éclairera-t-il le triomphe ou l'asservissement de la patrie?* Voilà ce que tous les cœurs se demandent avec mille angoisses. Lui, il se dit seulement : *Le soleil de demain impressionnera-t-il la combinaison nouvelle que j'ai trouvée hier?* Dans la notice qu'il a publiée en 1841, M. Niepce fils a pris la peine de nous prouver que les recherches de son père remontent à l'année 1813. Gardez vos preuves, elles sont inutiles; il fallait bien que ses travaux fussent antérieurs à 1814, puisque même les événements de cette année néfaste ne suffirent point à suspendre sa marche.

Quant aux principes de ses procédés photographiques, ils étaient d'une simplicité remarquable. Il savait ce que savent tous les peintres, qu'une certaine substance résineuse de couleur noire, le bitume de Judée, exposée à l'action de la lumière y blanchit assez promptement; il savait ce que savent tous les chimistes, que la plupart des composés d'argent, naturellement incolores, noircissent par l'action des rayons lumineux. Voici comment il tira parti de cette propriété. Il s'occupa d'abord d'un objet assez insignifiant en apparence, mais qui avait l'avantage de préparer et d'éprouver les procédés pour l'avenir : il s'appliqua à reproduire des gravures. Il vernissait une estampe sur le *verso*, pour la rendre plus transparente, et l'appliquait ensuite sur une lame d'étain recouverte d'une couche de bitume de Judée. Les parties noires de la gravure arrêtaient les rayons lumineux; au contraire, les parties transparentes ou qui ne présentaient aucun trait de burin les laissaient passer librement. Les rayons lumineux, traversant les parties diaphanes du papier, allaient blanchir la couche de bitume de Judée appliquée sur la lame métallique, et l'on obtenait ainsi une reproduction fidèle du dessin, dans laquelle les clairs et les ombres conservaient leur situation naturelle. En plongeant ensuite la lame métallique dans l'essence de lavande, les portions du bitume non impressionnées par la lumière étaient dissoutes, et l'image se trouvait ainsi mise à l'abri de l'action ultérieure de la lumière.

Mais la copie photogénique des gravures n'était qu'une opération d'un intérêt secondaire, ce n'était qu'un prélude; il fallait reproduire les dessins de la chambre obscure. Tout le monde connaît la chambre obscure. C'est une sorte de boîte fermée de toutes parts, dans laquelle la lumière s'introduit par un petit orifice. Les rayons lumineux émanant des objets placés au dehors s'entrecroisent à l'entrée et produisent une représentation en raccourci de ces objets. Pour donner plus de champ à l'image, et pour en augmenter la netteté, on place devant l'orifice lumineux une lentille convergente. C'est donc là véritablement un œil artificiel dans lequel viennent se peindre toutes les vues extérieures. Ces images éphémères, il fallait les fixer; la chambre obscure est un miroir, de ce miroir il fallait faire un tableau.

Niepce résolut ce problème en 1824, et voici, d'une manière générale, comment il procédait : sur une lame de plaqué ou cuivre argenté, il appliquait une couche de bitume de Judée. La planche ainsi recouverte était placée dans la chambre noire et l'on faisait tomber à sa surface l'image transmise par la lentille de l'instrument. Au bout d'un temps assez long la lumière avait agi sur la surface sensible. En plongeant alors la plaque dans un mélange d'essences de lavande et de pétrole, les parties de l'enduit bitumineux que la lumière avait frappées restaient intactes; les autres se dissolvaient rapidement. On obtenait donc ainsi un dessin dans lequel les clairs correspondaient aux clairs, et les ombres aux ombres; les clairs étaient formés par l'enduit blanchâtre de bitume, les ombres par les parties polies et dénudées du métal, les demi-teintes par les portions du vernis sur lesquelles le dissolvant avait partiellement agi. Ces dessins métalliques n'avaient qu'une médiocre vigueur; Niepce essaya de les renforcer en exposant la plaque à l'évaporation spontanée de l'iode ou aux vapeurs émanées du sulfure de potasse, dans la vue de produire un fond noir, sur lequel les traits se détacheraient avec plus de fermeté; mais il ne réussit qu'incomplétement. L'inconvénient capital de cette méthode photographique, c'était le temps considérable exigé pour l'impression lumineuse. Le bitume de Judée est une substance qui ne s'impressionne qu'avec une lenteur excessive; il ne fallait pas moins de dix heures d'exposition pour produire un dessin. Pendant cet intervalle, le soleil, qui n'attendait pas le bon plaisir de cette substance paresseuse, déplaçait les lumières et les ombres avant que l'image fût entièrement saisie. Ainsi le succès n'était jamais assuré d'avance. Ce procédé était donc fort imparfait; néanmoins, comme on

le voit, le problème photographique était résolu dans son principe.

Niepce put dès lors appliquer sa découverte à l'art de la gravure; car c'était là, il faut bien le remarquer, le but qu'il se proposait dans ses travaux. Il n'eut pas de peine à y réussir; en attaquant ses plaques par un acide faible, il creusait le métal en respectant les traits abrités par l'enduit résineux; il formait donc des planches à l'usage des graveurs. C'est ainsi qu'il put résoudre le problème qu'il s'était posé vingt ans auparavant, c'est-à-dire de créer une branche nouvelle de typographie, supérieure à la lithographie et à la gravure, dans laquelle la lumière seule produirait directement, sur une plaque métallique, un dessin qu'il suffirait ensuite d'attaquer, par un acide, pour rendre la plaque immédiatement propre au tirage typographique. Niepce désignait ce nouveau procédé de gravure sous le nom d'*Héliographie* (1). M. Lemaître, à qui Niepce avait confié le tirage de ses planches, possède encore quelques gravures de ce genre; elles sont loin d'être imparfaites.

Cependant, à l'époque même où Niepce voyait ainsi réussir ses premières expériences photographiques, il y avait à Paris un homme que le genre tout spécial de ses connaissances et la nature de ses occupations habituelles avaient conduit à s'occuper de recherches analogues : c'était M. Daguerre. Peintre habile, il était depuis longtemps connu des artistes; mais il ne s'était guère occupé que des décorations de théâtre. Les toiles remarquables qu'il avait composées pour l'Ambigu et plus tard pour l'Opéra lui avaient fait en ce genre une sorte de célébrité. Il avait surtout fondé sa réputation par l'invention du *Diorama*. On connait les effets remarquables qu'il avait réussi à produire en représentant sur une même toile deux scènes différentes, qui ap-

(1) NOTICE SUR L'HÉLIOGRAPHIE, PAR J. NIEPCE.

La découverte que j'ai faite, et que je désigne sous le nom d'*héliographie*, consiste à reproduire *spontanément*, par l'action de la lumière avec les dégradations de teintes du noir au blanc, les images reçues dans la chambre obscure.

Matière première. — Préparation. — La lumière, dans son état de composition et de décomposition, agit chimiquement sur les corps. Elle est absorbée, elle se combine avec eux, et leur communique de nouvelles propriétés. Ainsi, elle augmente la consistance naturelle de quelques-uns de ces corps; elle les solidifie même, et les rend plus ou moins insolubles, suivant la durée ou l'intensité de son action. Tel est, en peu de mots, le principe de la découverte.

Principe fondamental de cette découverte. — La substance ou matière première que j'emploie, celle qui m'a le mieux réussi, et qui concourt plus immédiatement à la production de l'effet, est l'*asphalte* ou *bitume de Judée*, préparé de la manière suivante :

Je remplis à moitié un verre de ce bitume pulvérisé. Je verse dessus, goutte à goutte, de l'huile essentielle de lavande jusqu'à ce que le bitume n'en absorbe plus, et qu'il en soit seulement bien pénétré. J'ajoute ensuite assez de cette huile essentielle pour qu'elle surnage de trois lignes environ au-dessus du mélange, qu'il faut couvrir et abandonner à une douce chaleur, jusqu'à ce que l'essence ajoutée soit saturée de la matière colorante du bitume. Si ce vernis n'a pas le degré de consistance nécessaire, on le laisse évaporer à l'air libre, dans une capsule, en la garantissant de l'humidité qui l'altère et finit par le décomposer. Cet inconvénient est surtout à craindre, dans cette saison froide et humide, pour les expériences faites dans la chambre noire.

Une petite quantité de ce vernis, appliquée à froid avec un tampon de peau très-douce, sur une planche d'argent plaqué bien poli, lui donne une belle couleur de vermeil, et s'y étend en couche mince et très-égale. On place ensuite la planche sur un fer chaud, recouvert de quelques doubles de papier dont on enlève ainsi, préalablement, toute l'humidité; et lorsque le vernis ne poisse plus, on retire la planche pour la laisser refroidir et finir de sécher à une température douce, à l'abri du contact d'un air humide. Je ne dois pas oublier de faire observer à ce sujet que c'est principalement en appliquant le vernis que cette précaution est indispensable. Dans ce cas, un disque léger, au centre duquel est fixée une courte tige, que l'on tient à la bouche, suffit pour arrêter et condenser l'humidité de la respiration. La planche, ainsi préparée, peut être immédiatement soumise aux impressions du fluide lumineux; mais, même après y avoir été exposée assez de temps pour que l'effet ait eu lieu, rien n'indique qu'il existe réellement, car l'empreinte reste inaperçue. Il s'agit donc de la dégager, et l'on n'y parvient qu'à l'aide d'un dissolvant.

Du dissolvant. — Manière de le préparer. — Comme ce dissolvant doit être approprié au résultat que l'on veut obtenir, il est difficile de fixer avec exactitude les proportions de sa composition; mais, toutes choses égales d'ailleurs, il vaut mieux qu'il soit trop faible que trop fort. Celui que j'emploie de préférence est composé d'une partie, non pas en poids, mais en volume d'huile essentielle de lavande sur dix parties, même mesure, d'*huile de pétrole blanche*. Le mélange, qui devient d'abord laiteux, s'éclaircit parfaitement au bout de deux ou trois jours. Ce composé peut servir plusieurs fois de suite. Il ne perd sa propriété dissolvante que lorsqu'il approche du terme de saturation, ce qu'on reconnait parce qu'il devient opaque et d'une couleur très-foncée; mais on peut le distiller et le rendre aussi bon qu'auparavant.

La plaque ou planche vernie étant retirée de la chambre obscure, on verse dans un vase de fer-blanc d'un pouce de profondeur, plus long et plus large que la plaque, une quantité de dissolvant assez considérable pour que la plaque en soit totalement recouverte. On la plonge dans le liquide, et en la regardant sous un certain angle, dans un faux jour, on voit l'empreinte apparaître et se découvrir peu à peu, quoique encore voilée par l'huile qui surnage plus ou moins saturée de vernis. On enlève alors la plaque, et on la pose verticalement pour laisser bien égoutter le dissolvant. Quand il ne s'en échappe plus, on procède à la dernière opération, qui n'est pas la moins importante.

Du lavage. — Manière d'y procéder. — Il suffit d'avoir pour cela un appareil fort simple, composé d'une planche de quatre pieds de long, et plus large que la plaque. Cette planche est garnie sur champ, dans sa longueur, de deux liteaux bien joints, faisant une saillie de deux pouces. Elle est fixée à un support par son extrémité supérieure, à l'aide de charnières qui permettent de l'incliner à volonté pour donner à l'eau que l'on verse le degré de vitesse nécessaire. L'extrémité inférieure de la planche aboutit dans un vase destiné à recevoir le liquide qui s'écoule. On place la plaque sur cette planche inclinée; on l'empêche de glisser en l'appuyant contre deux petits crampons qui ne doivent

paraissaient successivement sous les yeux des spectateurs par de simples artifices d'éclairage. ***La Messe de minuit, l'Eboulement de la vallée de Goldau, la Basilique de Sainte-Marie***, et quelques autres toiles qui furent consumées dans l'incendie du Diorama, en 1839, ont laissé de précieux souvenirs dans la mémoire des artistes. Ces études si spé-

pas dépasser l'épaisseur de la plaque. Il faut avoir soin, dans cette saison-ci, de se servir d'eau tiède. On ne la verse pas sur la plaque, mais au-dessus, afin qu'en y arrivant elle fasse nappe et enlève les dernières portions d'huile adhérant au vernis. C'est alors que l'empreinte se trouve complétement dégagée, et partout d'une grande netteté, si l'opération a été bien faite, et surtout si l'on a pu disposer d'une chambre noire *perfectionnée*.

Application des procédés héliographiques. — Le vernis employé pouvant s'appliquer indifféremment sur pierre, sur métal et sur verre, sans rien changer à la manipulation, je ne m'arrêterai qu'au mode d'application sur argent et sur verre, en faisant toutefois remarquer, quant à la gravure sur cuivre, que l'on peut sans inconvénient ajouter à la composition du vernis une petite quantité de cire dissoute dans l'huile essentielle de lavande.

Jusqu'ici l'argent plaqué me paraît être ce qu'il y a de mieux pour la reproduction des images, à cause de sa blancheur et de son éclat. Une chose certaine, c'est qu'après le lavage, pourvu que l'empreinte soit bien sèche, le résultat obtenu est déjà satisfaisant. Il serait pourtant à désirer que l'on pût, en noircissant la planche, se procurer toutes les dégradations de teintes du noir au blanc. Je me suis donc occupé de ce projet en me servant d'abord du *sulfure de potasse liquide*, mais il attaque le vernis quand il est concentré, et si on l'allonge d'eau il ne fait que rougir le métal. Ce double inconvénient m'a forcé d'y renoncer. La substance que j'emploie maintenant, avec plus d'espoir de succès, est l'*iode*, qui a la propriété de se vaporiser à la température de l'air. Pour noircir la planche par ce procédé, il ne s'agit que de la dresser contre une des parois intérieures d'une boîte ouverte dans le dessus, et de placer quelques grains d'iode dans une petite rainure pratiquée le long du côté opposé, dans le fond de la boîte. On la couvre ensuite d'un verre pour juger de l'effet qui s'opère moins vite, mais bien plus sûrement. On peut alors enlever le vernis avec l'alcool, et il ne reste plus aucune trace de l'empreinte primitive. Comme ce procédé est encore tout nouveau pour moi, je me bornerai à cette simple modification, en attendant que l'expérience m'ait mis à la portée de recueillir là-dessus des détails plus circonstanciés.

Deux essais de point de vue sur verre, pris dans la chambre obscure, m'ont offert des résultats qui, bien que défectueux, me semblent devoir être rapportés, parce que ce genre d'application peut se perfectionner plus aisément et devenir par la suite d'un intérêt tout particulier. Dans l'un de ces essais, la lumière, ayant agi avec moins d'intensité, a découvert le vernis de manière à rendre les dégradations de teintes beaucoup moins senties; de sorte que l'empreinte, vue par *transmission*, reproduit jusqu'à un certain point les effets connus du *Diorama*. Dans l'autre essai, au contraire, où l'action du fluide lumineux a été plus intense, les parties les plus éclairées, n'ayant pas été attaquées par le dissolvant, sont restées transparentes, et la différence des teintes résulte uniquement de l'épaisseur relative des couches plus ou moins opaques du vernis. Si l'empreinte est vue par *réflexion*, dans un miroir, du côté verni et sous un angle déterminé, elle produit beaucoup d'effet, tandis que vue par *transmission* elle ne présente qu'une image confuse et incolore, et ce qu'il y a d'étonnant, c'est qu'elle paraît affecter les couleurs locales de certains objets. En méditant sur ce fait remarquable, j'ai cru pouvoir en tirer des inductions qui permettraient de le rattacher à la théorie de Newton sur le phénomène des anneaux colorés. Il suffirait, pour cela, de supposer que tel rayon prismatique, le rayon vert, par exemple, en agissant sur la substance du vernis et en se combinant avec elle, lui donne le degré de solubilité nécessaire pour que la couche qui en résulte après la double opération du dissolvant et du lavage réfléchisse la couleur verte. Au reste, c'est à l'observation seule à constater ce qu'il y a de vrai dans cette hypothèse, et la chose me semble assez intéressante par elle-même pour provoquer de nouvelles recherches et donner lieu à un examen plus approfondi.

Observations. — Quoiqu'il n'y ait sans doute rien de difficile dans l'emploi des moyens d'exécution que je viens de rapporter, il pourrait se faire toutefois qu'on ne réussît pas complétement de prime abord. Je pense donc qu'il serait à propos d'opérer en petit, en copiant des gravures à la lumière diffuse, d'après la préparation fort simple que voici :

On vernit la gravure seulement du côté *verso*, de manière à la rendre bien transparente. Quand elle est parfaitement sèche, on l'applique du côté *recto*, sur la planche vernie, à l'aide d'un verre dont on diminue la pression en inclinant la planche sous un angle de 45 degrés. On peut de la sorte, avec deux gravures ainsi préparées et quatre petites planches de doublé d'argent, faire plusieurs expériences dans la journée, même par un temps sombre, pourvu que le local soit à l'abri du froid, et surtout de l'humidité, qui, je le répète, détériore le vernis à un tel point, qu'il se détache par couches de la planche, quand on le plonge dans le dissolvant. C'est ce qui m'empêche de me servir de la chambre noire durant la mauvaise saison. En multipliant les expériences dont je viens de parler, on sera bientôt parfaitement au fait de tous les procédés de la manipulation.

Relativement à la manière d'employer le vernis, je dois rappeler qu'il ne faut l'employer qu'en consistance assez épaisse pour former une couche compacte et aussi mince qu'il est possible, parce qu'il résiste mieux à l'action du dissolvant, et devient d'autant plus sensible aux impressions de la lumière. A l'égard de l'iode, pour noircir les épreuves sur argent plaqué, comme à l'égard de l'acide pour graver sur cuivre, il est essentiel que le vernis, après le lavage, soit tel qu'il est désigné dans le deuxième essai sur verre, rapporté ci-dessus; car alors il est bien moins perméable; soit à l'acide, soit aux émanations de l'iode, principalement dans les parties où il a conservé toute sa transparence : ce n'est qu'à cette condition que l'on peut, même à l'aide du meilleur appareil d'optique, se flatter de parvenir à une complète réussite.

Additions. — Quand on ôte la planche vernie pour la faire sécher, il ne faut pas seulement la garantir de l'humidité, mais avoir soin de la mettre à l'abri du contact de la lumière.

En parlant des expériences faites à la lumière diffuse, je n'ai rien dit de ce genre d'expérience sur verre. Je vais y suppléer, pour ne pas omettre une amélioration qui lui est particulière. Elle consiste simplement à placer sous la plaque du verre un papier noir, et à interposer un cadre de carton entre la plaque, du côté verni, et la gravure qui doit avoir été préalablement collée au cadre de manière à être bien tendue. Il résulte de cette disposition que l'image paraît beaucoup plus vive que sur un fond blanc, ce qui ne peut que contribuer à la promptitude de l'effet, et en second lieu que le

ciales du jeu et des combinaisons de la lumière avaient amené M. Daguerre à entreprendre de fixer les images de la chambre obscure. Toutefois, malgré des recherches persévérantes, il est certain qu'il n'avait encore rien trouvé, lorsqu'il apprit par hasard que dans un coin ignoré de la province un homme avait résolu ce difficile problème.

Laissons M. Niepce fils raconter comment s'établirent les premiers rapports entre les deux inventeurs de la photographie :

Dans les premiers jours de janvier 1826, *un de nos parents, M. le colonel Niepce, appelé au commandement de l'île de Ré, fut obligé, pour affaires relatives à son service, de se rendre à Paris. A son départ pour la capitale, il se chargea d'acheter pour mon père un prisme ménisque de l'invention de MM. Vincent et Charles Chevalier, opticiens. Ce prisme fut promis sous peu de jours. Dans la conversation qui s'établit entre M. le colonel Niepce et M. Chevalier, quelques mots furent prononcés sur la découverte de mon père. Grande fut la surprise de M. Chevalier, auquel le colonel fut contraint d'assurer que la chose existait réellement, et qu'il en était d'autant plus certain qu'il avait lui-même vu des épreuves. Le lendemain de cette communication, M. Daguerre se présenta chez M. Chevalier, qui s'empressa de l'instruire de ce qu'il avait appris. M. Daguerre se montra d'abord incrédule; puis, sur les détails positifs de l'opticien, il le pria instamment de lui procurer le nom et la demeure de l'auteur d'une aussi curieuse invention. M. Vincent Chevalier accéda au désir de M. Daguerre, et quelques jours après mon père reçut une lettre signée par le directeur du Diorama* (1).

Niepce accueillit assez mal les ouvertures de M. Daguerre, car les provinciaux de la bonne roche nourrissent à l'endroit des Parisiens certaines défiances instinctives : « Bon, disait-il, voilà un de ces Parisiens qui veut me tirer les vers du nez ! » Il se détermina néanmoins à répondre à M. Daguerre, mais il le fit avec toute la prudence d'un homme qui craint de compromettre son secret (1). Le peintre du Diorama désirait ardemment avoir entre les mains un dessin exécuté par les procédés de Niepce. Ce dernier, après avoir longtemps éludé cette demande, se décida enfin à adresser à M. Daguerre une de ses planches photographiques avec la gravure qu'elle avait fournie. Il accompagna cet envoi de la lettre suivante :

« Châlons-sur-Saône, le 4 juin 1827.

« MONSIEUR,

« Vous recevrez presque en même temps que ma lettre une caisse contenant une planche d'étain gravée d'après mes procédés héliographiques, et une épreuve de cette même planche, très-défectueuse et beaucoup trop faible. Vous jugerez par là que j'ai besoin de toute votre indulgence, et que si je me suis décidé à vous adresser cet envoi, c'est uniquement pour répondre au désir que vous avez bien voulu me témoigner. Je crois, malgré cela, que ce genre d'application n'est point à dédaigner, puisque j'ai pu, quoique étranger à l'art du dessin et de la gravure, obtenir un semblable résultat. Je vous prie, monsieur, de me dire ce que vous en pensez. Ce résultat n'est pas même récent, il date du printemps passé; depuis lors j'ai été détourné de mes recherches par d'autre occupations. Je vais les reprendre aujourd'hui, que la campagne est dans tout l'éclat de sa parure, et me livrer exclusivement à la copie des points de vue d'après

vernis n'est pas exposé à être endommagé par suite du contact immédiat de la gravure, comme dans l'autre procédé, inconvénient qu'il n'est pas aisé d'éviter par un temps chaud, le vernis fût-il même très sec. Mais cet inconvénient se trouve bien compensé par l'avantage qu'ont les épreuves sur argent plaqué de résister à l'action du lavage, tandis qu'il est rare que cette opération ne détériore pas plus ou moins les épreuves sur verre, substance qui offre moins d'adhérence au vernis, à raison de sa nature et de son poli plus parfait. Il s'agissait donc, pour remédier à cette défectuosité, de donner plus de mordant au vernis, et je crois y être parvenu, autant du moins qu'il m'est permis d'en juger d'après des expériences trop récentes et trop peu nombreuses. Ce vernis consiste dans une *solution de bitume de Judée dans l'huile animale de Dippel*, qu'on laisse évaporer à la température atmosphérique, au degré de consistance requise. Il est plus onctueux, plus tenace et plus coloré que l'autre, et l'on peut, après qu'il a été appliqué, le soumettre tout de suite aux impressions du fluide lumineux qui paraît le solidifier plus promptement, parce que la grande volatilité de l'huile animale fait qu'il sèche beaucoup plus vite.

(1) *Historique de la découverte improprement nommée Daguerréotype*, par Isidore Niepce fils, page 20.

(1) Voici ce que ce Niepce écrivait à M. Lemaître le 2 février 1827 : « Connaissez-vous, Monsieur, un des inventeurs du *Diorama*, M. Daguerre? Voici pourquoi je vous fais cette question. Ce monsieur ayant été informé, je ne sais comment, de l'objet de mes recherches, m'écrivit l'an passé, dans le courant de janvier, pour me faire savoir que, depuis fort longtemps, il s'occupait du même objet, et pour me demander si j'avais été plus heureux que lui dans les résultats. Cependant, a l'en croire, il en aurait déjà obtenu de très-étonnants; et malgré cela il me priait de lui dire d'abord si je croyais la chose possible. Je ne vous dissimulerai pas, monsieur, qu'une pareille incohérence d'idées eut lieu de me surprendre, pour ne rien dire de plus. J'en fus d'autant plus discret et réservé dans mes expressions; toutefois je lui écrivis d'une manière assez honnête, assez obligeante, pour provoquer de sa part une nouvelle réponse. Je ne la reçois qu'aujourd'hui, c'est-à-dire après un intervalle de plus d'un an, et il me l'adresse uniquement pour savoir où j'en suis, et pour me prier de lui *faire passer une épreuve, bien qu'il doute qu'il soit possible d'être entièrement satisfait des ombres par ce procédé de gravure; ce qui le fait tenter des recherches dans une autre application, tenant plutôt à la perfection qu'à la multiplicité*. Je vais le laisser dans la voie de la *perfection*, et, par une réponse laconique, couper court à des relations dont la *multiplicité*, comme vous pouvez bien le penser, pourrait me devenir également désagréable et fatigante. Veuillez me mander si vous connaissez personnellement M. Daguerre et quelle opinion vous avez de lui. »

nature. C'est sans doute ce que cet objet peut offrir de plus intéressant; mais je ne me dissimule point non plus les difficultés qu'il présente au travail de la gravure. L'entreprise est donc bien au-dessus de mes forces; aussi toute mon ambition se borne-t-elle à pouvoir démontrer par des résultats plus ou moins satisfaisants la possibilité d'une réussite complète, si une main habile et exercée aux procédés de l'*aqua-tinta* coopérait par la suite à ce travail. Vous me demanderez probablement, monsieur, pourquoi je grave sur étain au lieu de graver sur cuivre. Je me suis bien servi également de ce dernier métal, mais pour mes premiers essais j'ai dû préférer l'étain, dont je m'étais d'ailleurs procuré quelques planches, destinées à mes expériences dans la chambre noire, la blancheur éclatante de ce métal le rendant bien plus propre à réfléchir l'image des objets représentés.

« Je pense, monsieur, que vous aurez donné suite à vos premiers essais; vous étiez en trop bon chemin pour en rester là! Nous occupant du même objet, nous devons trouver un égal intérêt dans la réciprocité de nos efforts pour atteindre le but. J'apprendrai donc avec bien de la satisfaction que la nouvelle expérience que vous avez faite à l'aide de votre chambre noire perfectionnée a eu un succès conforme à votre attente. Dans ce cas, monsieur, et s'il n'y a pas d'indiscrétion de ma part, je serais aussi désireux d'en connaître le résultat que je serais flatté de pouvoir vous offrir celui de mes recherches du même genre. »

En adressant à M. Daguerre un échantillon de ses produits, Niepce manifestait le désir assez naturel de connaître le résultat des travaux de son correspondant sur le même sujet; mais rien ne lui fut envoyé. Deux mois après, il fut obligé de se rendre en Angleterre, et, à son passage à Paris, il vit M. Daguerre pour la première fois. On s'entretint longtemps de l'intéressante découverte, mais M. Daguerre ne montra rien qui parût se rattacher à des essais photographiques.

Arrivé à Londres, Niepce présenta à quelques-uns des membres de la Société royale divers échantillons de ses produits, et, sur leur invitation, il écrivit à ce sujet un Mémoire qui fut adressé à la Société royale, le 8 décembre 1827. M. Bauer, qui nous a révélé ce fait, affirme que *les spécimens apportés par M. Niepce, et exposés en Angleterre en 1827, et dont quelques-uns sont encore entre ses mains, étaient tout aussi parfaits que les produits de M. Daguerre, décrits dans les papiers français de* 1839 (1). Cependant, comme l'inventeur se refusa à rendre ses procédés publics, le Mémoire et les échantillons lui furent rendus, et la Société royale ne s'occupa plus de cet objet.

A son retour de Londres, Niepce se présenta de nouveau chez M. Daguerre, mais il n'emporta que le regret de ne rien avoir acquis sur ses travaux. Cependant la correspondance ne fut pas interrompue entre eux. M. Daguerre assurait avoir découvert, de son côté, un procédé pour la fixation des images de la chambre obscure, procédé *tout différent de celui de M. Niepce et qui avait même sur lui un degré de supériorité.* Il parlait aussi d'un perfectionnement qu'il avait apporté à la construction de la chambre noire.

Séduit par cette assurance et estimant que ses procédés en étaient parvenus à un point tel qu'il lui serait difficile, en restant livré à ses seules ressources, de les faire beaucoup avancer, Niepce proposa à M. Daguerre de s'associer à lui pour s'occuper en commun des perfectionnements que réclamait son invention. Un traité fut conclu entre eux à Châlons le 4 décembre 1829, et après la signature de l'acte, Niepce communiqua à M. Daguerre tous les faits relatifs à ses procédés photographiques (1). Une fois initié

(1) *Lettre adressée le 27 février 1839 au rédacteur de la Gazette de littérature de Londres, par M. F. Bauer, membre de la Société royale.*

(1) TRAITÉ D'ASSOCIATION ENTRE NIEPCE ET DAGUERRE.

M. Niepce, désirant fixer par un moyen nouveau, sans avoir recours à un dessinateur, les vues qu'offre la nature, a fait des recherches à ce sujet: de nombreux essais constatant cette découverte en ont été le résultat. Cette découverte consiste dans la reproduction spontanée des images reçues dans la chambre noire.

M. Daguerre, auquel il a fait part de sa découverte, en ayant apprécié tout l'intérêt, d'autant mieux qu'elle est susceptible d'un grand perfectionnement, offre à M. Niepce de s'adjoindre à lui pour parvenir à ce perfectionnement, et de s'associer pour retirer tous les avantages possibles de ce nouveau genre d'industrie.

Cet exposé fait, les sieurs comparants ont arrêté entre eux de la manière suivante les statuts provisoires et fondamentaux de leur association.

Art. 1er. Il y aura, entre MM. Niepce et Daguerre, société sous la raison de commerce *Niepce-Daguerre*, pour coopérer au perfectionnement de ladite découverte, inventée par M. Niepce, et perfectionnée par M. Daguerre.

Art. 2. La durée de cette société sera de dix années à partir du 14 décembre courant, et elle ne pourra être dissoute avant ce terme sans le consentement mutuel des parties intéressées. En cas de décès de l'un des deux associés, celui-ci sera remplacé dans ladite société, pendant le reste des dix années qui ne seraient pas expirées, par celui qui le remplace naturellement. Et encore, en cas de décès de l'un des deux associés, ladite découverte ne pourra jamais être publiée que sous les deux noms désignés dans l'article précédent.

Art. 3. Après la signature du présent traité, M. Niepce devra confier à M. Daguerre, sous le sceau du secret, qui devra être conservé à peine de tous dépens, dommages-intérêts, le principe sur lequel repose sa découverte, et lui fournir les documents les plus exacts et les plus circonstanciés sur la nature, l'emploi et les différents modes d'application des procédés qui s'y rattachent, afin de mettre par là plus d'ensemble et de célérité dans les recherches et les expériences dirigées vers le but du perfectionnement et de l'utilité de la découverte.

Art. 4. M. Daguerre s'engage, sous les susdites peines, à garder le plus grand secret, tant sur le principe fondamental de la découverte que sur la nature, l'emploi et les applications des procédés qui lui seront communiqués, et à coopérer autant qu'il

au secret de la découverte de Niepce, M. Daguerre s'appliqua sans relâche à la perfectionner. Il remplaça le bitume de Judée par la résine que l'on obtient en distillant l'essence de lavande, matière qui jouit d'une certaine sensibilité lumineuse. Au lieu de laver la plaque dans une huile essentielle, il l'exposait à l'action de la vapeur fournie par cette essence à la température ordinaire. La vapeur laissait intactes les parties de l'enduit résineux frappées par la lumière, elle se condensait sur les parties restées dans l'ombre. Ainsi le métal n'était nulle part mis à nu; les clairs étaient représentés par la résine blanchie, les ombres par la résine qu'avait dissoute l'huile essentielle, et qui formait à la surface du métal une couche transparente. L'opposition de teintes entre le mat des particules blanchies et la diaphanéité des autres parties de la plaque produisait seule les effets du dessin. Toutefois cette modification du procédé de Niepce ne diminua que faiblement la durée de l'exposition dans la chambre noire : sept à huit heures étaient encore nécessaires pour obtenir une vue. Cette méthode avait d'ailleurs un inconvénient fort grave : au bout d'un certain temps, l'image s'effaçait en partie (6).

Heureusement, le hasard amena les inventeurs sur la voie véritable. On a vu qu'avant son association avec M. Daguerre,

lui sera possible aux améliorations jugées nécessaires par l'utile intervention de ses lumières et de ses talents.

Art. 5. M. Niepce met et abandonne à la société, à titre de mise, son invention, représentant la valeur de la moitié des produits dont elle sera susceptible, et M. Daguerre y apporte une nouvelle combinaison de chambre noire, ses talents et son industrie, équivalant à l'autre moitié des susdits produits.

Art. 6. Aussitôt après la signature du présent traité, M. Daguerre devra confier à M. Niepce, sous le sceau du secret, qui devra être conservé à peine de tous dépens, dommages et intérêts, le principe sur lequel repose le perfectionnement qu'il a apporté à la chambre noire, et lui fournir les documents les plus précis sur la nature dudit perfectionnement.

Art. 7. Les sieurs Niepce et Daguerre fourniront par moitié à la caisse commune les fonds nécessaires à l'établissement de la société.

Art. 8. Lorsque les associés jugeront convenable de faire l'application de ladite découverte au procédé de la gravure, c'est-à-dire de constater les avantages qui résulteraient pour un graveur de l'application desdits procédés qui lui procureraient par là une ébauche avancée, MM. Niepce et Daguerre s'engagent à ne choisir aucune autre personne que M. Lemaître pour faire ladite application.

Art. 9. Lors du traité définitif, les associés nommeront entre eux le directeur et le caissier de la société, dont le siége sera à Paris. Le directeur dirigera les opérations arrêtées par les associés, et le caissier recevra et payera les bons et mandats délivrés par le directeur dans l'intérêt de la société.

Art. 10. Les fonctions du directeur et du caissier seront de la durée du présent traité; néanmoins ils pourront être réélus. Leurs fonctions seront gratuites, ou il leur sera alloué une retenue sur les produits, selon qu'il sera jugé convenable par les associés lors du traité définitif.

Art. 11. Chaque mois, le caissier rendra ses comptes au directeur en donnant l'état de situation de la société; et à chaque semestre, les associés se partageront les bénéfices ainsi qu'il est dit ci-après.

Art. 12. Les comptes du caissier et l'état de situation seront arrêtés, signés et paraphés chaque semestre par les deux associés.

Art. 13. Les améliorations et perfectionnements apportés à ladite découverte, ainsi que les perfectionnements apportés à la chambre noire, seront et demeureront acquis au profit des deux associés, qui, lorsqu'ils seront parvenus au but qu'ils se proposent, feront un traité définitif entre eux, sur les bases du présent.

Art. 14. Les bénéfices des associés, dans les produits nets de la société, seront répartis par moitié entre M. Niepce, en sa qualité d'inventeur, et M. Daguerre, pour ses perfectionnements.

Art. 15. Les contestations qui pourraient s'élever entre les associés, à raison de l'exécution du présent, seront jugées définitivement, sans appel ni recours en cassation, par des arbitres nommés par chacune des parties à l'amiable, conformément à l'article 51 du Code de commerce.

Art. 16. En cas de dissolution de cette société, la liquidation s'en fera par le caissier, à l'amiable, ou par les associés ensemble, ou enfin par une personne tierce qu'ils nommeront à l'amiable, ou qui sera nommée par le tribunal compétent, à la diligence du plus actif des associés.

Le tout a été ainsi réglé provisoirement entre les parties, qui, pour l'exécution du présent, font élection de domicile en leurs demeures respectives, ci-devant désignées.

Fait double et signé à Châlons-sur-Saône, le 14 décembre 1839.

J. Niepce. Louis-Mandé Daguerre.

MODIFICATIONS APPORTÉES AU PROCÉDÉ DE NIEPCE PAR M. DAGUERRE.

Avant la découverte du daguerréotype. — La substance que l'on doit employer de préférence est le résidu que l'on obtient par l'évaporation de l'huile essentielle de lavande, appliqué en couches très-minces, par le moyen de la dissolution dans l'alcool. Bien que toutes les substances résineuses ou bitumineuses, sans en excepter une seule, soient douées de la même propriété, c'est-à-dire celle d'être sensibles à la lumière, on doit donner la préférence à celles qui sont les plus onctueuses, parce qu'elles donnent plus de fixité à l'épreuve; plusieurs huiles essentielles perdent ce caractère lorsqu'elles sont exposées à une forte chaleur. Ce n'est cependant pas à cause de sa prompte décomposition à la lumière que l'on doit préférer le résidu de l'huile de lavande; il est des résines, le galipot, par exemple, qui, dissoutes dans l'alcool et étendues sur un verre ou sur une plaque de métal, laissent, par l'évaporation de l'alcool, une couche très-blanche et infiniment plus sensible à la radiation qui opère cette décomposition. Mais cette plus grande sensibilité à la lumière, causée par une évaporation moins prolongée, rend les images ainsi obtenues plus faciles à se détériorer; elles se gercent et finissent par disparaître entièrement quand on les expose plusieurs mois au soleil. Le résidu de l'huile essentielle de lavande présente plus de fixité, sans être cependant inaltérable par l'action directe du soleil. Pour obtenir ce résidu, on fait évaporer l'essence dans une capsule à l'aide de la chaleur, jusqu'à ce que le résidu acquière une telle consistance, qu'après son refroidissement il sonne en le frappant avec la pointe d'un couteau, et qu'il se brise en éclats lorsqu'on cherche à le détacher de la capsule. On fait ensuite dissoudre une très-petite quantité de cette matière dans l'alcool ou dans de l'éther acétique; il faut que la solution soit très-claire et d'une couleur citron. Plus la solution est claire, plus la couche qu'on obtient est mince; il ne faut pas cependant qu'elle soit trop claire, car alors elle ne pourrait pas mater ni faire une couleur blanche ce qui est indispen-

Niepce avait essayé de donner plus de vigueur à ses dessins en renforçant les noirs à l'aide des émanations sulfureuses ou des vapeurs de l'iode. Or, il arriva un jour qu'une cuiller laissée par mégarde sur une plaque d'argent iodée y marqua son empreinte sous l'influence de la lumière ambiante. Cet enseignement ne fut pas perdu. Aux substances résineuses on substitua l'iode, qui donne aux plaques d'argent une sensibilité lumineuse exquise. Ce fut le premier pas vers l'entière solution d'un problème qui avait déjà coûté vingt ans de recherches assidues. Mais il n'était pas réservé à l'inventeur de voir s'accomplir le triomphe définitif dans lequel il avait placé toutes les espérances de sa vie : Niepce, alors âgé de soixante-trois ans, mourut à Châlon, le 5 juillet 1833. Il mourut pauvre et ignoré. L'auteur de la plus intéressante découverte de notre siècle s'éteignit sans gloire, oublié de ses concitoyens, avec la pensée désolante d'avoir perdu vingt années de sa laborieuse carrière, dissipé son patrimoine et compromis l'avenir de sa famille à la poursuite d'une chimère.

Resté seul, M. Daguerre continua ses recherches avec ardeur. Cinq ans après la mort de Niepce, il avait imaginé dans tout son ensemble la méthode admirable qui immortalisera son nom.

La découverte de Niepce et de Daguerre

sable pour obtenir de l'effet dans les épreuves. L'emploi de l'alcool ou de l'éther n'a d'autre but que de faciliter l'application du résidu sous une forme qui est excessivement divisée; puisque, lorsqu'on opère, l'alcool est entièrement vaporisé. Pour obtenir plus de vigueur, il faut que le métal soit bruni; les épreuves sur verre ont plus de charme et surtout beaucoup plus de finesse.

Lorsqu'on veut opérer, il faut que le métal ou le verre soit parfaitement nettoyé; on peut pour cela se servir d'alcool ou de tripoli très-fin, mais il faut toujours terminer cette opération en frottant à sec, afin qu'il ne reste aucune trace de liquide; on se sert de coton avec l'alcool et le tripoli, qui doit être excessivement fin pour qu'il ne raye pas le métal ou le verre. Pour appliquer la couche, on tient la plaque de métal ou le verre d'une main, et de l'autre on verse dessus la solution (qui doit être contenue dans un petit flacon à large ouverture), de manière que cette solution couvre rapidement, en coulant, toute la surface de la plaque. D'abord il faut tenir la plaque un peu inclinée; mais aussitôt qu'on a versé la solution et qu'elle a cessé de couler, on la dresse perpendiculairement. On passe tout de suite le doigt derrière la plaque, ainsi qu'au bas, pour entraîner une partie du liquide qui, tendant toujours à remonter, doublerait l'épaisseur de la couche. Il faut chaque fois s'essuyer le doigt et le passer très-rapidement dans toute la longueur de la plaque, par-dessous et du côté opposé à la couche. Lorsque le liquide ne coule plus, on place, pour la laisser sécher, la plaque à l'ombre, car autrement la lumière détruirait la sensibilité de la substance.

Dans cet état, la couche est blanche et extrêmement mince; c'est en partie à cette dernière condition qu'est dû le plus ou le moins de promptitude. Cette préparation doit être faite à un faible jour, ou, ce qui est préférable, à la lumière d'une bougie qui n'a pas d'action sur cette substance. Lorsque la couche est bien sèche, la plaque peut être mise dans la chambre noire. On la laisse dans cet état le temps nécessaire à la production de l'image, temps qui ne peut être limité, parce qu'il dépend du plus ou moins d'intensité de la lumière répandue sur les objets dont on veut fixer l'image. Cependant il ne faut pas moins de sept à huit heures pour une vue, et à peu près trois heures pour les objets très-éclairés par le soleil et d'ailleurs très-clairs de leur nature. Cependant ces données ne sont qu'approximatives, car les saisons et les différentes heures de la journée y apportent de grandes modifications.

Quand on opère sur verre, il est nécessaire, pour augmenter la lumière, de le poser sur une feuille de papier; mais pour que ce reflet ne soit pas confus, il faut que le côté de la couche soit posé directement sur le papier et qu'elle le touche parfaitement sur toute sa surface. Pour cela, il faut tendre le papier sur une planche très-plane, en supposant que le verre le soit aussi; on aura soin de choisir le verre le plus blanc possible. Quand l'épreuve a été laissée le temps nécessaire dans la chambre noire, il faut la retirer en ayant toujours soin de la garantir de la lumière.

Comme il arrive très-souvent qu'au sortir de la chambre noire on n'aperçoit aucune trace de l'image, il s'agit de la faire paraître. Pour cela, il faut prendre un bassin de cuivre étamé ou de fer-blanc, plus grand que la plaque, et garni tout autour d'un rebord d'environ 50 millimètres de hauteur. On remplit le bassin d'huile de pétrole, jusqu'à peu près un quart de sa hauteur; on fixe la plaque sur une planchette de bois qui couvre parfaitement le bassin. L'huile de pétrole, en s'évaporant, pénètre entièrement la substance dans les endroits sur lesquels l'action de la lumière n'a pas eu lieu, il lui donne une transparence telle qu'il semble ne rien n'y avoir dans ces endroits; ceux, au contraire, sur lesquels la lumière a vivement agi ne sont point attaqués par la vapeur de l'huile de pétrole. C'est ainsi qu'est effectuée la dégradation des teintes, par le plus ou moins d'action de la vapeur de l'huile de pétrole sur la substance.

Il faut de temps en temps regarder l'épreuve, et la retirer aussitôt qu'on a obtenu les plus grandes vigueurs; car en poussant trop loin l'évaporation, les plus grands clairs en seraient attaqués et finiraient par disparaître. L'épreuve est alors terminée. Il faut la mettre sous verre pour éviter que la poussière s'y attache, et, pour l'enlever, il ne faut pas employer d'autre moyen que de la chasser en soufflant. En mettant les épreuves sous verre, on préserve aussi la feuille d'argent plaqué des vapeurs qui pourraient l'altérer.

Résumé. — Comme il a été dit plus haut, tous les bitumes, toutes les résines et tous les résidus d'huiles essentielles sont décomposables par la lumière d'une manière très-sensible; il suffit pour cela de les mettre en couches très-minces, et de trouver un dissolvant qui leur convienne. On peut employer comme dissolvants l'huile de pétrole, toutes les huiles essentielles, l'alcool, les éthers et le calorique.

M. Niepce plongeait la plaque, couverte d'un vernis de bitume dans un dissolvant liquide; mais un semblable moyen est rarement en rapport avec le peu d'intensité de lumière qu'ont les épreuves obtenues dans la chambre noire. Il arrive toujours que le dissolvant est trop fort ou trop faible. Dans le premier cas, il enlève entièrement le vernis, et dans le second, il ne rend pas l'image assez apparente. L'effet du dissolvant dans lequel on plonge l'épreuve est d'enlever le vernis dans les endroits où la lumière n'a pas frappé, ou bien, selon la nature du dissolvant, on obtient l'effet contraire, c'est-à-dire que les parties frappées par la lumière sont enlevées, tandis que les autres restent intactes. C'est là ce qui arrive lorsqu'on emploie, comme dissolvant, de l'alcool, au lieu d'huile de pétrole ou essentielle.

Les dissolvants par l'évaporation ou par l'effe

fut connue pour la première fois par l'annonce publique qu'en fit M. Arago dans la séance de l'Académie des sciences, du 7 janvier 1839. Chacun se souvient de l'impression extrardinaire qu'elle produisit en France et bientôt dans toute l'Europe. Le nom de Daguerre acquit en quelques jours une célébrité immense. Toutes les voix de la presse célébrèrent à l'envi ce nom presque inconnu la veille; mais, on le sait, du modeste et infortuné Niepce, pas un mot; dans ce concert d'acclamations enthousiastes, il n'y eut pas un cri de reconnaissance pour le pauvre inventeur mort à la tâche. Dans sa communication académique, M. Arago s'était borné à faire connaître le principe de la découverte et à présenter les produits de cet art nouveau. Il avait dû se taire sur les procédés employés par l'habile artiste. Cependant une telle découverte ne pouvait rester secrète. Concentrée entre les mains d'un seul, elle serait restée longtemps stationnaire; devenue publique, elle devait, au contraire, grandir et s'améliorer par le concours de tous. Il était donc nécessaire qu'elle devînt une propriété publique.

Dans la séance du 15 juin 1839, le gouvernement présenta à la Chambre des députés un projet de loi portant la demande d'une récompense nationale accordée aux inventeurs de la photographie, qui consentaient à rendre leurs procédés publics. A la suite des rapports remarquables de M. Arago à la Chambre des députés, et de M. Gay-Lussac à la Chambre des pairs, la convention provisoire conclue entre le ministre de l'intérieur et MM. Daguerre et Niepce fils fut convertie en loi. On accorda une pension viagère de 6,000 francs à M. Daguerre, et une pension de 4,000 francs à M. Niepce fils. Le chiffre un peu mesquin de cette rémunération s'efface évidemment devant la pensée qui l'a dictée. Nul, dans le gouvernement ni dans les chambres, n'a prétendu payer la découverte à sa juste valeur. Le titre de *récompense nationale* témoigne suffisamment que c'était là surtout un hommage solennel de la reconnaissance du pays au désintéressement et au génie des inventeurs.

M. Arago put alors donner connaissance du procédé de M. Daguerre; il le communiqua à l'Académie des sciences, le 19 août 1839. Ceux qui eurent le bonheur d'assister à cette séance en conserveront longtemps le souvenir. Il serait difficile en effet de trouver, dans l'histoire des compagnies savantes, une plus belle, une plus solennelle journée. L'Académie des beaux-arts s'était réunie à l'Académie des sciences. Sur les bancs réservés au public, se pressait tout ce que Paris renferme d'hommes éminents dans les sciences, dans les lettres, dans les beaux-arts. Tous les yeux cherchaient l'heureux artiste qui avait conquis si vite une renommée européenne; on espérait l'entendre prononcer lui-même la révélation si désirée. Lui cependant s'était modestement dérobé à ce triomphe si légitime; il avait déféré cet insigne honneur à M. Arago, qui avait pris l'invention nouvelle sous son savant et bienveillant patronage. Si, au dedans, les rangs étaient pressés, au dehors l'affluence était énorme; le vestibule regorgeait de curieux; gens malavisés qui n'étaient venus que deux heures avant l'ouverture de la séance. Enfin, tout d'un coup la porte s'ouvre, et l'un des assistants arrive tout empressé communiquer au dehors le secret si impatiemment attendu. *Le procédé consiste*, dit-il, *dans l'emploi du bitume de Judée et de l'essence de lavande!* Je vous laisse à penser l'embarras, la surprise et les mille questions. Le bitume de Judée! l'essence de lavande! Mais que peuvent avoir de commun et le bitume de Judée et l'essence de lavande, avec toutes ces charmantes images que nos yeux ne se lassent pas de contempler! Attendez cependant, voici un autre officieux et mieux renseigné cette fois : *Il est bien question de bitume de Judée! Il est bien question d'essence de lavande! C'est de l'iode et puis du mercure, et puis de l'hyposulfite de soude!* Comprenne qui pourra. Cependant le mystère finit par s'éclaircir et la foule se retire peu à peu, encore tout agitée de ces émotions délicieuses, heureuse d'applaudir à des créations nouvelles du génie de la France, fière d'accorder à l'Europe un si magnifique présent.

Quelques heures après, les boutiques des opticiens étaient assiégées; il n'y avait pas assez de lentilles, pas assez de chambres obscures pour satisfaire le zèle de tant d'amateurs empressés. On suivait d'un œil de regret le soleil déclinant à l'horizon, emportant avec lui la matière première de l'expérience. Mais dès le lendemain, on put voir à leur fenêtre, aux premières heures du jour, un grand nombre d'expérimentateurs s'efforçant, avec toute espèce de précautions craintives, d'amener sur une plaque préparée l'image de la lucarne voisine, ou la pers-

du calorique sont bien préférables; on peut toujours en arrêter les effets à volonté. Mais il est indispensable que la couche ne fasse pas l'effet d'un vernis; il faut qu'elle soit mate et aussi blanche que possible. La vapeur du dissolvant ne fait que pénétrer la couche et en détruire le mat, selon le plus ou moins d'intensité de la lumière. Cette manière de procéder donne une dégradation de teintes qu'il est tout à fait impossible d'obtenir en trempant l'épreuve dans un dissolvant.

Un grand nombre d'expériences faites par l'auteur lui ont prouvé que la lumière ne peut pas frapper sur un corps sans laisser des traces de décompostion à sa surface; mais elles lui ont aussi démontré que ces mêmes corps ont la propriété de se recomposer en grande partie à l'ombre, à moins que la lumière n'ait déterminé une décomposition complète. On peut s'en convaincre en disposant, par le procédé décrit ci-dessus, deux plaques semblables préparées de la même manière, et en les exposant à la lumière avec des effets d'ombre. Quand on juge que la lumière a produit son action, on retire les deux plaques, et l'on fait subir immédiatement à l'une l'effet du dissolvant; et l'on conserve l'autre enfermée dans une boîte pendant plusieurs jours, après lesquels on l'expose, comme la première, à l'effet du dissolvant. On verra alors que le résultat obtenu sur la seconde plaque ne ressemble pas à celui qu'a donné la première.

pective d'une population de cheminées. Quelles joies innocentes, quelles ravissantes angoisses, mais quels désappointements cruels! Lorsqu'après un quart d'heure de mortelle attente, on retirait la plaque de la chambre obscure, on trouvait un ciel couleur d'encre et des murailles en deuil. Cependant, dans ces tableaux informes, il y avait toujours quelque trait furtif d'une délicatesse achevée; la masse était noire et confuse, mais on pouvait y saisir quelque détail admirablement venu, qui arrachait un cri de surprise et presque des larmes de plaisir. C'était la balustrade d'une fenêtre qui était superbe; c'était le grillage voisin qui avait imprimé sur le fidèle écran son image de dentelle. Sur cette plaque où tout paraît confus, vous n'apercevez rien, mais regardez mieux, prenez une loupe : là, dans ce petit coin du tableau, il y a une mince ligne; c'est la tige éloignée de ce paratonnerre que vos yeux aperçoivent à peine; mais le merveilleux instrument l'a vu, et il vous l'a rapporté.

Au bout de quelques jours, sur les places de Paris, on voyait des daguerréotypes braqués contre les monuments. Tous les physiciens, tous les chimistes, tous les savants de la capitale mettaient en pratique, avec un succès complet, les indications de l'inventeur.

Description des opérations de la photographie sur plaque métallique d'après le procédé de Daguerre. — Perfectionnements successifs apportés aux opérations du daguerréotype. — Les images daguerriennes se forment, comme tout le monde le sait, à la surface d'une lame de plaqué ou cuivre recouvert d'argent. On expose pendant quelques minutes une lame de plaqué aux vapeurs spontanément dégagées par l'iode à la température ordinaire; elle se recouvre d'une légère couche d'iodure d'argent, et le mince voile, ainsi formé, présente une surface éminemment sensible à l'impression des rayons lumineux. La plaque iodée est placée alors au foyer de la chambre noire, et l'on fait arriver à sa surface l'image formée par la lentille de l'instrument. La lumière a la propriété de décomposer l'iodure d'argent; par conséquent, les parties vivement éclairées de l'image décomposent, en ces points, l'iodure d'argent; les parties obscures restent, au contraire, sans action; enfin les espaces correspondant aux demi-teintes sont influencés selon que ces demi-teintes se rapprochent davantage des ombres ou des clairs. Quand on la retire de la chambre obscure, la plaque ne présente encore aucune empreinte visible; elle conserve uniformément sa teinte jaune d'or. Pour faire apparaître l'image, une autre opération est nécessaire; la plaque doit être soumise à l'action des vapeurs du mercure. On la dispose donc dans une petite boîte, et l'on chauffe légèrement du mercure liquide disposé dans un réservoir à la partie inférieure de la boîte. Les vapeurs de mercure se dégagent bientôt et viennent se condenser sur le métal; mais le mercure ne se dépose pas uniformément sur toute la surface métallique, et c'est précisément cette condensation inégale qui donne naissance au dessin photographique. En effet, les gouttelettes de mercure viennent se condenser uniquement *sur les parties que la lumière a frappées*, c'est-à-dire sur les portions de l'iodure d'argent que les rayons lumineux ont chimiquement décomposées; les parties restées dans l'ombre ne se recouvrent pas de mercure. Le même effet se produit pour les demi-teintes. Il résulte de là que les parties éclairées sont accusées sur la plaque par un vernis brillant de mercure, et les ombres par la surface même de l'argent non impressionnée. — Pour les personnes qui assistent pour la première fois à cette curieuse partie des opérations photographiques, c'est là un spectacle étrange et véritablement merveilleux. Sur cette plaque, qui ne présente aucun trait, aucun dessin, aucun aspect visible, on voit tout d'un coup se dégager une image d'une perfection sans pareille, comme si quelque divin artiste la traçait de son invisible pinceau. Cependant tout n'est pas fini. La plaque est encore imprégnée d'iodure d'argent, et si on l'abandonnait à elle-même en cet état, l'iodure continuant à noircir sous l'influence de la lumière ambiante, tout le dessin serait détruit. Il faut donc débarrasser la plaque de cet iodure. On y parvient en la plongeant dans une dissolution d'un sel, l'hyposulfite de soude, qui a la propriété de dissoudre l'iodure d'argent. Après ce lavage, l'épreuve peut être exposée sans aucun risque à l'action de la lumière la plus intense; tout à l'heure on ne pouvait la manier que dans l'obscurité, ou tout au plus à la faible lueur d'une bougie; on peut maintenant la manier en plein soleil. On voit en définitive que dans les épreuves daguerriennes, l'image est formée par un mince voile de mercure déposé sur une surface d'argent; les reflets brillants du mercure représentent les clairs, les ombres sont produites par le bruni de l'argent; l'opposition, la réflexion inégale de la teinte de ces deux métaux suffisent pour produire les effets du dessin.

Tel est l'ensemble des opérations dans le procédé primitif imaginé par Daguerre, et nous devons dire que ce procédé, tel qu'il a été décrit par l'inventeur, est d'une exécution si simple, que l'on est assuré de réussir, dans tous les cas, en suivant à la lettre les instructions qu'il a données. Les perfectionnements apportés plus tard à la méthode primitive ont eu pour résultat d'abréger le temps des opérations; mais les manœuvres sont devenues par cela même plus difficiles, et le succès moins certain. Lorsque la durée de l'opération est une circonstance secondaire, quand il s'agit, par exemple, de reproduire une vue extérieure ou un monument, le plus court est de recourir aux instructions publiées par M. Daguerre en 1839; on peut les considérer

comme un véritable modèle de précision et de clarté.

Une fois tombée dans le domaine public, la photographie a fait des progrès immenses. Un résumé rapide suffira pour faire comprendre l'importance de ces perfectionnements successifs. Les épreuves obtenues d'après les procédés de M. Daguerre, bien que remarquables à divers titres, avaient cependant un assez grand nombre de défauts qui en diminuaient beaucoup la valeur artistique. Elles offraient un miroitage des plus désagréables, le trait n'était visible que sous une certaine incidence de la plaque, et, dans certains cas, ce défaut allait si loin que l'épreuve ressemblait plutôt à un moiré métallique qu'à un dessin. Le champ de la vue était extrêmement limité. Les objets animés ne pouvaient être reproduits; la vie manquait dans ces tableaux. Les masses de verdure n'étaient accusées qu'en silhouette, et le ton général des dessins était criard. Enfin il était à craindre que, par suite de la volatilisation spontanée du mercure, l'image ne finît, sinon par disparaître entièrement, au moins par perdre de sa netteté et de sa vigueur. La plupart de ces défauts étaient la conséquence du temps considérable exigé pour l'impression lumineuse : en effet, un quart d'heure d'exposition à une lumière très-vive était indispensable pour obtenir une épreuve. Aussi les premiers efforts pour le perfectionnement de cet art nouveau eurent-ils pour but de diminuer la durée de l'exposition de la plaque dans la chambre obscure. Ce premier résultat fut en partie réalisé par des modifications très-heureuses apportées à l'objectif de la chambre noire. M. Daguerre avait fixé avec beaucoup de soin les dimensions de l'objectif; mais on reconnut bientôt que les règles qu'il avait posées à cet égard, excellentes pour la reproduction des vues et des objets éloignés, ne pouvaient s'appliquer aux objets plus petits ou plus rapprochés. On imagina donc de raccourcir le foyer de la lentille; par cet artifice, on put condenser à la surface de la plaque une quantité de lumière beaucoup plus grande, et, la plaque étant plus vivement éclairée, on put diminuer d'une manière notable la durée de l'exposition dans la chambre noire. Bientôt un opticien français, M. Ch. Chevalier, imagina une modification particulière de l'objectif, qui doubla, pour ainsi dire, la puissance de l'instrument. L'emploi d'un double objectif achromatique permit à la fois de raccourcir les foyers pour concentrer sur la plaque une grande quantité de lumière, d'agrandir le champ de la vue, et de faire varier à volonté les distances locales. La disposition et la combinaison de ces deux lentilles sont tellement ingénieuses que, sans employer de diaphragme, on conserve à la lumière toute sa netteté et toute son intensité. Le système du double objectif permit de réduire de beaucoup la durée de l'exposition lumineuse; on put opérer en deux ou trois minutes. Toutefois ce problème capital d'abréger la durée de l'exposition lumineuse, ne fut résolu qu'en 1841, d'une manière bien complète, grâce à une découverte d'une incalculable valeur. M. Claudet, artiste français qui a acheté de M. Daguerre le droit et le privilége exclusif d'exploiter, en Angleterre, ses procédés photographiques, découvrit en 1841 les propriétés des *substances accélératrices*. On donne, en photographie, le nom de substances accélératrices à certains composés qui, appliqués sur la plaque *préalablement iodée*, en exaltent à un degré extraordinaire la sensibilité lumineuse. Par elles-mêmes ces substances ne sont pas photogéniques, c'est-à-dire qu'employées isolément, elles ne formeraient point une combinaison capable de s'influencer chimiquement au contact de la lumière; mais si on les applique sur une plaque déjà iodée, elles communiquent à l'iode la propriété de s'impressionner en quelques secondes. Les composés capables de stimuler ainsi l'iodure d'argent sont extrêmement nombreux. Le premier, dont la découverte est due à M. Claudet, est le chlorure d'iode; mais il le cède de beaucoup en sensibilité aux composés découverts postérieurement. Le brôme en vapeur, le bromure d'iode, la chaux bromée, le chlorure de soufre, le bromoforme, l'acide chloreux, la liqueur hongroise, la liqueur de Reiser, le liquide de Thierry, sont les substances accélératrices les plus actives. Avec l'acide chloreux, on a pu obtenir des épreuves irréprochables dans une demi-seconde, et même dans un quart de seconde.

La découverte des substances accélératrices permit de reproduire avec le daguerréotype l'image des objets animés. On put dès lors satisfaire au vœu général formé depuis l'origine de l'art photographique, c'est-à-dire obtenir des portraits. Déjà, avant cette époque, on avait essayé de faire des portraits au daguerréotype; mais le temps considérable qu'exigeait l'impression lumineuse avait empêché toute réussite. On opérait alors avec l'objectif à long foyer, qui ne transmet dans la chambre obscure qu'une lumière d'une faible intensité; il fallait donc placer le modèle en plein soleil et prolonger l'exposition pendant un quart d'heure. Comme il est impossible de supporter si longtemps, les yeux ouverts, l'éclat des rayons solaires, il avait fallu se résoudre à faire poser les yeux fermés. Quelques amateurs intrépides osèrent se dévouer, mais le résultat ne fut guère à la hauteur de leur courage. Qui ne se rappelle avoir vu à l'étalage de Susse cette triste procession de *Bélisaires* sous l'étiquette usurpée de portraits photographiques? Par l'emploi des objectifs à court foyer on put réduire l'exposition à quatre ou cinq minutes; alors le patient put ouvrir les yeux; néanmoins il fallait encore poser en plein soleil; or ce soleil, qui tombait d'aplomb sur le visage, contractait horriblement les traits, et la plaque conservait la trop fidèle empreinte des souffrances et de l'anxiété du modèle. On s'asseyait, avec cet air aimable que prend toute personne ayant la conscience

de poser pour son portrait, et l'on vous offrait l'image d'un martyr ou d'un supplicié. Pendant six mois, avec la prétention d'obtenir des portraits photographiques, on n'a guère fait que multiplier les copies d'un même type : la tête du *Laocoon*. Rien qu'à voir ces traits crispés, ces faces contractées, ces spécimens cadavéreux, on eût pris le daguerréotype en horreur. C'est là qu'ont trouvé leur source la plupart des préventions défavorables que les productions daguerriennes ont eu si longtemps à combattre. Les artistes passaient en ricanant devant ces déplorables ébauches. Cependant toutes les préventions durent disparaître, tous les préjugés durent tomber en présence des résultats qu'amenèrent la découverte et l'emploi des substances accélératrices. Dès ce moment, la physionomie put être saisie en quelques secondes et reproduite avec cette continuelle mobilité d'impressions qui forme le signe et comme le cachet de la vie. C'est à partir de cette époque que l'on vit paraître, de jour en jour perfectionnés, ces admirables portraits où l'harmonie de l'ensemble est encore relevée par le fini des détails. C'est alors que put être vraiment réalisé le rêve du conteur allemand : *Qu'un amant, voulant laisser à sa maîtresse un souvenir durable, se mire dans une glace et la lui donne ensuite, parce que son image s'y est fixée.*

Après la découverte des substances accélératrices, le perfectionnement le plus important qu'ait reçu la photographie consiste dans la *fixation des épreuves*. Les images daguerriennes obtenues à l'origine étaient déparées par un miroitement métallique des plus désagréables. En outre, le dessin ne présentait que peu de fermeté, puisque le ton résultait seulement du contraste formé par l'opposition de teintes du mercure et de l'argent. Enfin (et c'était là un des plus graves inconvénients), l'image était extrêmement fugitive, elle ne pouvait supporter le frottement ; le pinceau le plus délicat, promené à sa surface, effaçait entièrement le dessin. M. Fizeau fit disparaître tous ces inconvénients à la fois, en recouvrant l'épreuve photographique d'une légère couche d'or. Il suffit, pour obtenir ce résultat, de verser à la surface de l'épreuve une dissolution de chlorure d'or mêlée à de l'hyposulfite de soude, et de chauffer légèrement ; la plaque se recouvre aussitôt d'un mince vernis d'or métallique. Cette opération, si simple en elle-même, est cependant le complément le plus utile de la découverte de Daguerre. Elle a permis, en effet, de rehausser à un degré remarquable le ton des dessins photographiques, de bannir presque entièrement le miroitage et de communiquer à l'épreuve une grande solidité, c'est-à-dire une résistance complète au frottement et à toutes les actions extérieures.

Comment la dorure d'un dessin photographique peut-elle communiquer à celui-ci la vigueur de ton qui lui manquait et faire disparaître le miroitement ? C'est ce qu'il est facile de comprendre. L'or vient recouvrir à la fois l'argent et le mercure de la plaque ; l'argent, qui forme les noirs du tableau, se trouve bruni par la mince couche d'or qui se dépose à sa surface ; ainsi les noirs sont rendus plus sensibles, et le miroitage de l'argent n'existe plus ; au contraire, le mercure, qui forme les blancs, acquiert, par son amalgame avec l'or, un éclat beaucoup plus vif, ce qui produit un accroissement remarquable dans les clairs. Le ton général du tableau est d'ailleurs singulièrement rehaussé par l'opposition plus vive que prennent les couleurs des deux métaux superposés. Tous ces avantages ressortent d'une manière surprenante, si l'on compare deux épreuves dont l'une est fixée au chlorure d'or et l'autre non fixée. La dernière, d'un ton gris bleuâtre, paraît exécutée sous un ciel brumeux et par une faible lumière ; l'autre, par la richesse de ses teintes, semble sortir de la chaude atmosphère et du beau ciel des contrées méridionales. Quant à la résistance qu'une épreuve ainsi traitée oppose au frottement et aux actions extérieures, elle s'explique sans peine, si l'on remarque que le mercure, qui tout à l'heure formait le dessin à l'état de globules infiniment petits et d'une faible adhérence, est maintenant recouvert d'une lame d'or uniforme, qui, malgré son extraordinaire ténuité, adhère à la plaque en vertu d'une véritable action chimique. Les épreuves, ainsi fixées, offrent assez de résistance au frottement pour pouvoir être conservées et transportées dans un portefeuille : elles présentent donc plus de solidité qu'un dessin au crayon.

Les perfectionnements successifs apportés au procédé originel de Daguerre ont changé, comme on le voit, d'une manière très-notable, l'ensemble des opérations photographiques. Il ne sera donc pas inutile de préciser la méthode actuellement suivie. Voici, en quelques mots, la série consécutive des opérations qui s'exécutent aujourd'hui pour obtenir l'épreuve daguerrienne : Exposition de la lame métallique aux vapeurs spontanément dégagées par l'iode à la température ordinaire, pour provoquer à la surface de la plaque la formation d'une légère couche d'iodure d'argent ; — exposition aux vapeurs fournies par la chaux bromée, le brôme ou toute autre substance accélératrice ; — exposition à l'action de la lumière dans la chambre obscure, pour obtenir la formation de l'image ; exposition aux vapeurs mercurielles, pour faire apparaître le dessin, — lavage de l'épreuve dans une dissolution d'hyposulfite de soude, pour enlever l'iodure d'argent non attaqué ; — enfin, fixage de l'épreuve par le chlorure d'or.

La méthode actuelle, en permettant d'opérer cent fois plus vite que par le procédé primitif, a introduit dans la photographie un perfectionnement immense, mais il faut reconnaître aussi qu'elle a rendu les opérations beaucoup plus compliquées. L'exposition à la lumière étant abrégée de trente ou qua-

rante fois le temps ordinaire, les erreurs sur la durée de cette exposition, sur le temps nécessaire pour l'application de l'iode et des substances accélératrices, sont devenues plus faciles et plus désastreuses. L'artiste le plus exercé n'est donc jamais assuré d'avance de réussir dans l'opération qu'il entreprend, et ces obstacles continuels seraient susceptibles de décourager le plus fervent adepte, si la photographie n'était par elle-même un art des plus attrayants. Ce sont précisément ces difficultés, cette incertitude sur le succès définitif, qui prêtent aux opérations photographiques un charme toujours nouveau et toujours renaissant. Si le daguerréotype n'était qu'une machine aveugle dont le résultat pût être toujours calculé avec certitude; si le maniement de l'appareil ne laissait aucune part aux soins habiles et aux prévisions de l'intelligence, auprès des amateurs et des artistes, il perdrait son intérêt le plus vif.

Pour terminer cette revue des modifications apportées dans ces derniers temps aux procédés photographiques, nous devons signaler quelques emprunts curieux que l'on a faits à diverses sciences pour perfectionner les épreuves daguerriennes ou pour leur prêter certaines qualités spéciales. Ici se rangent en première ligne les applications de la galvanoplastie. La galvanoplastie, dont les procédés ont été décrits dans cet ouvrage, est un art tout récent et qui n'est aujourd'hui ni assez apprécié, ni assez connu. Il consiste à produire, par l'action de l'électricité, un dépôt métallique à la surface des différents corps, et surtout à la surface d'autres métaux. En décomposant certains sels par la pile voltaïque, on peut, comme nous le verrons, appliquer avec économie le cuivre sur l'argent, l'or sur l'acier, l'argent sur l'étain, le platine sur le fer, sur le bronze, etc. Si donc, mettant à profit ces procédés, l'on soumet à l'action d'un faible courant électrique une dissolution de sulfate de cuivre en plaçant dans la liqueur une image daguerrienne, le cuivre provenant de la décomposition du sel se dépose peu à peu sur toute la plaque, et, se moulant sur les faibles inégalités de sa surface, il donne naissance, au bout de vingt-quatre heures, à une planche de cuivre sur laquelle le dessin photographique se trouve reproduit avec une entière fidélité. *Je ne saurais rendre,* dit M. Ch. Chevalier, *la surprise que j'éprouvai, la première fois que je réussis à reproduire une épreuve photographique au moyen du galvanisme. L'idée de cette expérience me vint en cherchant un objet propre à être placé dans l'appareil galvanoplastique; ne trouvant ni médaille, ni empreinte, j'imaginai de souder une petite épreuve daguerrienne au conducteur de l'appareil; je croyais vraiment sacrifier l'épreuve et n'obtenir tout au plus qu'une feuille de cuivre bien plane. Le lendemain, en présence de MM. Richoux et de Kramer, je détachai les deux plaques, et nous trouvâmes sur le cuivre une contre-épreuve parfaite de l'original* (1). Ce qu'il y a de plus étonnant, c'est que la plaque daguerrienne qui a servi de type à ce merveilleux moulage n'est aucunement altérée, et qu'elle peut être reproduite ainsi un grand nombre de fois sans se détruire ou sans se détériorer sensiblement. Il faut ajouter cependant que cette application de la galvanoplastie est plus curieuse qu'utile, car on se décide difficilement à soumettre une belle épreuve à une pareille opération.

Les procédés galvanoplastiques appliqués aux images daguerriennes ont fourni d'autres résultats pleins d'intérêt. Afin de communiquer aux épreuves des tons particuliers ou des effets plus vigoureux, on les a revêtues, par l'action de la pile, d'une mince couche d'un autre métal richement coloré. Si l'on place dans une dissolution d'or une planche photographique, en plongeant dans la liqueur les pôles d'une pile voltaïque extrêmement faible, on la recouvre en quelques instants d'un mince vernis d'or. Cette pellicule métallique donne à l'épreuve des tons qui sont souvent du plus heureux effet; ils varient depuis la teinte verdâtre jusqu'au jaune intense. On obtient avec le cuivre, en opérant dans des conditions semblables, des tons vigoureux, compris depuis le rose le plus pâle jusqu'au rose vif. L'argent a été essayé dans le même but; mais ce métal, qui donne au tableau une douceur et un chatoiement très-agréables, lui retire une partie de sa vigueur.

Depuis plusieurs années, on voit aux étalages de produits photographiques un grand nombre de portraits coloriés qui attirent les regards des passants. Il ne s'agit pas, comme on l'a cru d'abord, d'images obtenues dans la chambre obscure avec les couleurs naturelles, mais tout simplement de couleurs appliquées à la main. Il serait difficile de rien imaginer d'aussi barbare. Colorier une planche daguerrienne est aussi ridicule que de vouloir enluminer une gravure de Reynolds ou de Rembrandt. Le mérite essentiel des épreuves photographiques réside dans l'admirable dégradation des teintes et dans une harmonie si parfaite de la lumière et des ombres, qu'elle défie à jamais le burin. Toutes ces qualités restent ensevelies sous cet absurde empâtement de couleurs. Le peintre substitue sa propre exécution à l'exécution de la nature. Prenez donc la peine de créer un de ces merveilleux dessins, pour qu'une lourde main vienne les déshonorer par ce badigeonnage indigne! Arrivons à quelque chose de plus sérieux. Rien n'est plus sérieux, en effet, rien n'est plus riche de promesses, rien n'est plus digne de l'appui des amis des arts, que les efforts que l'on a faits en France pendant plusieurs années pour transformer une épreuve daguerrienne en planche propre à la gravure. Il ne faut pas que les produits du daguerréotype, d'une perfection si achevée, restent à l'état de type unique; il faut que l'impres-

(1) *Mélanges photographiques*, pag. 74.

sion puisse les multiplier indéfiniment; il faut perfectionner et surtout régulariser les procédés de gravure photographique actuellement connus ; il faut qu'ils ne restent pas plus longtemps concentrés entre les mains d'un ou deux artistes, paralysés dans leur développement par toutes les entraves des brevets. Alors seulement le daguerréotype aura dit son dernier mot, alors la photographie aura trouvé des applications utiles, complètes, étendues, dans la pratique des arts. Le jour où les planches daguerriennes pourront être économiquement transformées en planches de gravure, nous n'aurons plus rien à demander à la photographie, car nous obtiendrons sur le papier des images parfaites, redressées, inaltérables, d'une correction et d'une finesse achevées, et qui présenteront l'inappréciable avantage de pouvoir être multipliées indéfiniment. Nous sommes loin encore d'avoir atteint un si désirable but; cependant les résultats obtenus jusqu'ici, et que nous allons rapidement indiquer, font concevoir à cet égard d'assez légitimes espérances. L'idée de transformer les plaques photographiques en planches à l'usage des graveurs était si naturelle, que, dès les premières applications du procédé de Daguerre, un grand nombre de personnes s'occupèrent de ce problème. M. le docteur Donné essaya de le résoudre le premier. Le procédé qu'il employait est des plus simples. Il reconnut que l'eau-forte étendue de 4 parties d'eau attaque les parties noires des images daguerriennes sans altérer les parties blanches, ou, en d'autres termes, dissout l'argent de la plaque sans toucher au mercure. Il suffit donc de garnir les bords de la plaque d'une marge de vernis de graveur, et de verser sur l'épreuve l'eau-forte qu'on laisse réagir quelques minutes. Quand on juge la morsure suffisante, on lave la plaque à grande eau, et l'on enlève la marge de vernis; elle peut être immédiatement encrée et servir à l'impression. Mais l'argent pur est un métal trop mou pour suffire à un grand tirage; après quarante épreuves, la planche était épuisée. La gravure était d'ailleurs fort imparfaite. M. Fizeau a résolu la question avec beaucoup plus de bonheur. Voici un court aperçu du procédé curieux qu'il a imaginé. On commence par soumettre la plaque à l'action d'une liqueur légèrement acide qui attaque l'argent, c'est-à-dire les parties noires de l'image, sans toucher au mercure qui forme les blancs. On obtient ainsi une planche gravée d'une grande perfection, mais d'un très-faible creux. Or, la condition essentielle d'une bonne gravure, c'est la profondeur du trait; car si les creux sont trop légers, les particules d'encre, au moment de l'impression, surpassant en dimension la profondeur du trait, l'épreuve, au tirage, est nécessairement imparfaite. Pour creuser plus avant, on frotte la planche gravée et peu profonde d'une huile grasse qui s'incruste dans les cavités et ne s'attache pas aux saillies. On dore ensuite la plaque à l'aide de la pile voltaïque. L'or vient se déposer sur les parties saillantes, et ne pénètre pas dans les creux abrités par le corps gras. En nettoyant ensuite la planche, on peut l'attaquer très-profondément par l'eau-forte, car les parties saillantes recouvertes d'or sont respectées par l'acide. On creuse ainsi le métal à volonté. Enfin, comme la mollesse de l'argent limiterait singulièrement le tirage, on recouvre la planche d'une couche de cuivre par les procédés galvanoplastiques. Le cuivre, métal très-dur, supporte donc seul l'usure déterminée par le travail de l'impression. M. Fizeau a obtenu de cette manière des gravures offrant beaucoup de qualités. Nous devons ajouter cependant que ce genre de produits photographiques est assez négligé depuis quelques années, c'est-à-dire depuis les récents et remarquables progrès de la photographie sur papier. On a réussi, en Angleterre, à graver les épreuves photographiques par un procédé encore plus hardi que le précédent. M. Grove est parvenu à ce résultat par la seule action d'un courant électrique. Si l'on attache une image daguerrienne au pôle négatif d'une pile voltaïque, chargée d'une liqueur faiblement acide, en plaçant au pôle positif une lame de platine, l'acide attaque l'argent de la plaque et grave en creux le dessin. Une plaque ainsi traitée peut à peine se distinguer de l'épreuve daguerrienne. Si on l'examine à la loupe, on y trouve les détails les plus fins et les plus délicats de l'impression lumineuse.

Ainsi un dessin tracé par la lumière est gravé par l'électricité. Tout est surprenant, tout est merveilleux dans ces mille inventions nouvelles qui, chaque jour, apparaissent autour de nous. La lumière est domptée, le fluide électrique est un serviteur obéissant ; de la lumière on fait un pinceau, et de l'électricité un burin. Partout la main de l'homme est bannie. A la main tremblante de l'artiste, au regard incertain, à l'instrument rebelle, on substitue les forces inévitables des agents naturels. C'est ainsi que tous les arts, toutes les industries se trouvent aujourd'hui sous le coup de révolutions profondes dont il est impossible de calculer la portée; c'est ainsi que les puissances aveugles de la nature menacent de remplacer partout la main et presque l'intelligence des hommes. Rien n'est plus propre à marquer la grandeur actuelle des sciences, à faire deviner le rôle immense qu'elles sont appelées à jouer dans l'avenir.

Photographie sur papier. — M. Blanquart-Evrard. — Description des procédés de la photographie sur papier. — Photographie sur verre. — Reproduction des couleurs par le daguerréotype. — Ce n'est pas seulement sur des plaques métalliques, c'est sur de simples feuilles de papier que l'on a appliqué les procédés photographiques; il nous reste à parler de la belle série de ces travaux.

Lorsqu'un amateur de Lille, M. Blanquart-Evrard, publia, au commencement de l'année 1847, la description des procédés de la

photographie sur papier, cette communication fut accueillie par les amateurs et les artistes avec un véritable enthousiasme, car elle répondait à un vœu depuis longtemps formé et jusque-là resté à peu près stérile. On devine aisément les nombreux avantages que présentent les épreuves photographiques obtenues sur papier. Elles n'ont rien de ce miroitage désagréable qu'il est si difficile de bannir complétement dans les épreuves sur métal, et qui a l'inconvénient de rompre toutes les habitudes artistiques; elles présentent l'apparence ordinaire d'un dessin; une bonne épreuve sur papier ressemble à une *sépia* faite par un habile artiste : l'image n'est pas simplement déposée à la surface comme dans les épreuves sur argent, elle se trouve formée jusqu'à une certaine profondeur dans la substance du papier, ce qui assure une durée indéfinie et une résistance complète au frottement; le trait n'est point renversé comme dans les dessins du daguerréotype; il est, au contraire, parfaitement correct pour la ligne, c'est-à-dire que l'objet est reproduit dans sa situation absolue au moment de la pose. En outre, un dessin-type une fois obtenu, il est possible d'en tirer un nombre indéfini de copies. Enfin, l'énorme avantage de pouvoir substituer une simple feuille de papier aux plaques métalliques d'un prix élevé, d'une détérioration facile, d'un poids considérable, d'un transport incommode; l'absence de tout ce matériel embarrassant, si bien nommé *bagage daguerrien*, qui rendait si difficile aux voyageurs l'exécution des manœuvres photographiques, la simplicité des opérations, le bas prix des substances employées, sont autant de conditions qui assurent à la photographie sur papier une utilité pratique véritablement sans limites. Il est donc facile de comprendre l'intérêt avec lequel le monde des savants et des artistes accueillit les premiers résultats de la photographie sur papier. Le nom de M. Blanquart-Evrard, qui n'était, si nous ne nous trompons, qu'un marchand de draps de Lille, conquit rapidement les honneurs de la célébrité. Cependant, il faut le dire, il se passait là un fait étrange et peut-être sans exemple dans la science. Les procédés publiés par M. Blanquart n'étaient, à cela près de quelques modifications utiles dans le manuel opératoire, que la reproduction de la méthode publiée déjà depuis plus de six ans par un riche amateur anglais, M. Talbot. Or, dans son mémoire, M. Blanquart n'avait pas même prononcé le nom du premier auteur de ces recherches, et cet oubli singulier ne provoqua, au sein de l'Académie ni ailleurs, aucune réclamation. M. Talbot lui-même ne prit pas la peine d'élever la voix pour revendiquer l'honneur de l'invention qui lui appartenait. Il se comporta tout à fait en grand seigneur. Il se borna à adresser à quelques amis de Paris deux ou trois de ses dessins photographiques qui faisaient singulièrement pâlir les épreuves de M. Blanquart. En effet, depuis 1834, alors que l'art photographique était encore à naître, M. Talbot avait essayé de reproduire sur le papier les images de la chambre obscure. Déjà, d'ailleurs, et longtemps avant cette époque, d'autres physiciens avaient abordé cette question. car c'est un fait à remarquer que les premiers essais de photographie ont eu pour objet le dessin sur papier. Niepce, au début de ses travaux, avait dirigé dans ce sens des recherches qu'il fut ensuite forcé d'abandonner. Avant lui, en 1802, Humphry Davy s'en était occupé de concert avec Wedgewood. Ils avaient réussi à obtenir, sur du papier enduit d'azotate d'argent, des reproductions de gravures et d'objets transparents. Ils avaient essayé de fixer aussi les images de la chambre obscure; mais la faible sensibilité du sel d'argent leur avait opposé un obstacle insurmontable. On n'obtenait d'ailleurs ainsi que des silhouettes ou des images inverses, dans lesquelles les noirs du modèle étaient représentés par des blancs, *et vice versa*. En outre, le dessin obtenu, on n'avait pas réussi à le préserver de l'altération consécutive de la lumière; abandonnée à la clarté du jour, l'image noircissait dans toutes ses parties et ensevelissait le dessin. On ne pouvait donc examiner ces productions éphémères que dans l'obscurité, en s'aidant de la lueur d'une lampe. *La copie d'un dessin, dès qu'elle est obtenue*, dit Humphry Davy, *doit se conserver dans un lieu obscur. On peut bien l'examiner à l'ombre, mais ce ne doit être que pour peu de temps. Aucun moyen pour empêcher les parties incolores de noircir à la lumière n'a pu réussir... Quant aux images de la chambre obscure, elles se sont trouvées trop faiblement éclairées pour former un dessin avec le nitrate d'argent, même au bout d'un temps assez prolongé. C'était là cependant l'objet principal des expériences. Mais tous les essais ont été inutiles* (1). Heureusement M. Talbot n'eut point connaissance des travaux de Davy et de Wedgewood; il ignora l'espèce d'arrêt d'impossibilité qu'ils avaient prononcé; il avoue que devant la parole de tels maîtres il eût immédiatement abandonné ses recherches comme une poursuite chimérique. Cependant, après un travail de plusieurs années, il parvint à surmonter tous les obstacles. Il résolut complétement la double difficulté de fixer sur le papier les images de la chambre obscure et de les préserver de toute altération ultérieure. En 1839, il se disposait à mettre sa découverte au jour, lorsqu'il fut surpris par la publication imprévue des résultats de M. Daguerre. Il fit connaître cependant quelques mois après l'ensemble de ses méthodes. En 1841, il compléta ses descriptions dans une lettre adressée à l'Académie des sciences de Paris; mais l'attention était dirigée d'un autre côté, et l'annonce du physicien anglais ne fit en France aucune sensation. Quelques personnes es-

(1) *Description d'un procédé pour copier des peintures sur verre et pour faire des silhouettes par l'action de la lumière sur le nitrate d'argent.* (*Journal de l'Institution royale de Londres*, t. I, pag. 170, 1802.)

sayèrent de répéter ses procédés, mais divers essais infructueux firent croire que M. Talbot n'avait dit son secret qu'à moitié, et peu à peu la photographie sur papier tomba parmi nous dans un complet oubli. Seulement quelques artistes nomades, munis de quelques renseignements plus ou moins précis, parcouraient la province, vendant aux amateurs le secret de cette nouvelle branche de la photographie. C'est dans ces circonstances que M. Blanquart fit paraître son mémoire. Il y reproduisait, sauf quelques modifications, le procédé de M. Talbot; seulement ses descriptions étaient beaucoup plus précises et plus complètes que celles du physicien anglais.

Tel est l'historique fidèle de la découverte de la photographie sur papier. C'était pour nous un devoir que de bien établir à ce sujet les droits méconnus d'un savant étranger, assez malheureux déjà d'avoir été devancé dans sa découverte par M. Daguerre, pour que l'on respecte au moins les titres incontestables qui recommandent son nom à la reconnaissance des savants et des artistes.

Avant de présenter l'exposé sommaire des procédés de la photographie sur papier, donnons en quelques mots la théorie générale de l'opération. Tout le monde sait que les sels d'argent naturellement incolores, étant exposés à l'action de la lumière solaire ou diffuse, noircissent très-promptement par suite d'une décomposition chimique provoquée par l'agent lumineux. D'après cela, si l'on place au foyer d'une chambre obscure une feuille de papier imprégnée d'une dissolution d'un sel d'argent, l'image formée par l'objectif s'imprimera sur le papier, parce que les parties vivement éclairées noirciront la couche sensible, tandis que les parties obscures restant sans action, laisseront au papier sa couleur blanche. On obtiendra ainsi une sorte de silhouette dans laquelle les parties éclairées du modèle seront représentées sur l'épreuve par une teinte noire et les ombres par des blancs: c'est ce que l'on nomme une image inverse ou *négative*, selon l'expression consacrée. Maintenant, si l'on place cette image sur une feuille de papier imprégnée d'un autre sel d'argent et qu'on expose le tout à l'action directe du soleil, l'épreuve négative laissera passer la lumière à travers les parties transparentes du dessin et lui fermera passage dans les portions opaques. Le rayon solaire allant ainsi agir sur le papier sensible placé au contact de l'épreuve négative, donnera naissance à une image sur laquelle les clairs et les ombres seront placés dès lors dans leur situation naturelle, on aura donc formé ainsi une image directe ou *positive*. Tel est le principe général de la photographie sur papier (1). Le procédé pratique de cette branche nouvelle de l'art photographique se compose, d'après cela, de deux séries distinctes d'opérations: la première ayant pour effet de préparer l'image inverse; la seconde, de former l'épreuve redressée. On obtient l'épreuve inverse en recevant l'image de la chambre obscure sur un papier enduit d'iodure d'argent. Comme ce sel s'impressionne beaucoup plus promptement quand on l'entretient à l'état humide, on place le papier photogénique sur quelques doubles de papier humecté d'eau, et, pour lui donner une surface égale et parfaitement unie, on le presse entre deux glaces. Les choses ainsi disposées, on place ce système au foyer de la chambre noire, l'interposition de la glace transparente ne nuisant aucunement à l'action de la lumière. Au bout de trente à cinquante secondes, l'effet lumineux est produit; l'iodure d'argent se trouve décomposé dans les parties éclairées, et, dans les points sur lesquels a agi la lumière, l'oxyde d'argent est rendu libre. Cependant l'altération chimique qui vient d'avoir lieu n'est en aucune façon accusée à la surface du papier, on n'y observe aucune trace de dessin; mais si on le plonge dans une dissolution d'acide gallique, ce composé forme, avec l'oxyde d'argent mis en liberté, un sel, le gallate d'argent, d'une couleur noire foncée, et l'image apparaît subitement. Il ne reste plus qu'à enlever l'excès du composé d'argent non influencé pour préserver l'épreuve de l'action ultérieure de la lumière. On y parvient en plongeant ce dessin dans une dissolution d'hyposulfite de soude qui dissout immédiatement l'iodure d'argent.

Pour obtenir l'image redressée, on place l'épreuve négative, obtenue par les moyens qui viennent d'être rapportés, sur un papier imprégné de chlorure d'argent, on les serre tous deux entre deux glaces, l'épreuve négative en dessus, et l'on expose le tout au soleil ou à la lumière diffuse. La durée de cette exposition varie depuis une demi-heure jusqu'à quatre heures à la lumière diffuse, et au soleil depuis quinze jusqu'à vingt-cinq minutes. Au reste, comme on peut suivre de l'œil la formation du dessin, on est toujours le maître de s'arrêter quand on juge le trait suffisamment renforcé. Enfin, pour fixer l'image, on la place dans une dissolution d'hyposulfite de soude qui enlève l'excès de chlorure d'argent non influencé. En prolongeant plus ou moins la durée du séjour dans le bain d'hyposulfite de soude, on peut communiquer à l'épreuve une couleur qui varie, en parcourant toute l'échelle des tons bruns et des bistres, jusqu'au violet foncé et au noir intense. Nous n'avons pas besoin d'ajouter que l'épreuve négative peut servir à donner un très-grand nombre d'autres épreuves positives, et qu'une fois obtenue, cette espèce de type peut fournir des reproductions indéfinies.

(1) En appliquant une gravure, une lithographie sur un papier imprégné de chlorure d'argent, et en exposant le tout au soleil, on peut reproduire cette gravure, cette lithographie d'une manière très-simple et sans appareil optique. C'est une petite opération qui ne manque pas d'intérêt et qui peut avoir son utilité. On a jugé nécessaire de créer un mot pour la désigner: on l'appelle *autophotographie*.

Il existe un autre procédé de photographie sur papier qui a l'avantage de donner du premier coup une épreuve directe sans passer par l'épreuve inverse. Il consiste à placer dans la chambre noire un papier imprégné de chlorure d'argent, *préalablement noirci par l'action de la lumière* et plongé ensuite dans une dissolution d'iodure de potassium. Le mélange de ces deux composés produit un effet précieux. La lumière le détruit et fait apparaître par conséquent la surface blanche du papier. On forme un dessin blanc sur un fond coloré, et l'image est directe. Disons cependant que les détails de ce procédé ne sont encore dévoilés qu'à demi. On assure que c'est par une méthode de ce genre qu'opère M. Bayard, employé au ministère des finances, connu depuis longtemps par ses admirables épreuves sur papier. Il en obtient des résultats si magnifiques que la gravure peut à peine en égaler la perfection; nous avons vu de lui des dessins devant lesquels un artiste serait tenté de briser ses crayons. Malheureusement ces produits s'altèrent à la lumière; conservés pendant quelques années, ils finissent par s'effacer. Il paraît de plus qu'on ne peut opérer que par une exposition prolongée en plein soleil; par conséquent la reproduction des objets animés serait interdite. Toutefois nous en sommes pour tout cela réduits aux conjectures, car les détails de ce procédé ne sont encore qu'imparfaitement connus.

La photographie sur papier est loin d'être parvenue aujourd'hui à son dernier degré de perfection. Ses produits sont encore fort au-dessous des planches daguerriennes. On y chercherait en vain la rigueur, la délicatesse du trait, la dégradation admirable des teintes qui font le charme des épreuves métalliques. Il ne peut guère d'ailleurs en être autrement. La surface plane et polie d'un métal offre pour l'exécution d'un dessin photographique des facilités véritablement sans pareilles; au contraire, la texture fibreuse du papier, ses aspérités, la communication capillaire qui s'établit entre les diverses parties de sa surface inégalement impressionnées, sont autant d'obstacles qui s'opposent à la rigueur absolue du tracé linéaire comme à l'exacte dégradation des teintes. Il ne faut donc pas s'attendre à voir, comme quelques personnes l'ont pensé, la photographie sur papier détrôner la photographie sur métal. Ces deux branches de l'art ont chacune leurs qualités et leurs avantages spéciaux; toutes deux elles marcheront parallèlement, satisfaisant à des exigences diverses. Lorsqu'il s'agira de reproductions qui demandent une netteté et une rigueur absolues, quand on voudra réaliser les plus parfaites conditions de l'art, on aura recours aux plaques métalliques. On s'adressera aux dessins sur papier quand on cherchera dans les reproductions photographiques ce qu'il faut y chercher surtout, c'est-à-dire des images fidèles dans leur ensemble, arrêtées dans leurs principaux détails, qui, obtenues par une manipulation prompte et facile, puissent se conserver sans trop de précaution, se renfermer en grand nombre sous un faible volume et se transporter aisément. Ainsi le daguerréotype conservera le privilége de la reproduction des grands sites artistiques, des monuments, des portraits, des représentations délicates qui intéressent l'histoire naturelle; les papiers photogéniques seront aux mains du voyageur qui ne sait pas dessiner, ou de l'artiste qui n'a pas le temps de dessiner.

On désigne sous le nom de *photographie sur verre* un procédé nouveau qu'il importe de signaler en raison des admirables produits auxquels il donne naissance. Comme le nom de *photographie sur verre* est susceptible de jeter une certaine confusion dans les esprits, il est nécessaire de bien préciser la nature de ce nouveau procédé.

La photographie sur verre n'est, à proprement parler, qu'une modification, mais une modification très-heureuse de la photographie sur papier. Nous avons fait ressortir plus haut les inconvénients que présentent les épreuves sur métal; ces inconvénients disparaissent dans les épreuves sur papier, mais ces dernières offrent à leur tour des défectuosités particulières qui consistent dans le défaut de netteté du trait, résultat inévitable de la contexture du papier. C'est pour parer à ce défaut que l'on a eu l'idée d'employer, pour former l'image négative, au lieu de papier, une lame de verre ou une feuille mince et flexible de *mica*, sur laquelle on étend une légère couche d'albumine ou blanc d'œuf. L'albumine étant séchée fournit une substance égale, parfaitement polie et éminemment propre à donner au dessin un contour précis et arrêté. Cette lame de verre, ainsi recouverte d'albumine, est ensuite imbibée avec le sel d'argent, comme s'il s'agissait d'obtenir sur le papier une image négative, et, en opérant comme à l'ordinaire, on forme à sa surface l'image négative. Celle-ci obtenue, on s'en sert pour produire l'image directe que l'on forme cette fois, non plus sur une lame de verre, comme le pensent bien des personnes, mais simplement sur une feuille de papier, en se servant des moyens habituels. L'image terminée, on la recouvre habituellement d'un vernis (1). C'est par ce procédé que s'exécutent les plus belles épreuves sur papier. On les reconnaît facilement à la rigueur extraordinaire du dessin et à ses contours admirablement arrêtés. Elles peuvent presque rivaliser sous ce rapport avec les produits de la plaque.

La photographie sur verre a été imaginée par M. Niepce de Saint-Victor, neveu de Joseph Niepce, le premier inventeur de la photographie. Voué par une sorte de souvenirs de famille à l'étude de ces questions, M. Niepce de Saint-Victor poursuit depuis

(1) Quelques opérateurs remplacent la lame de verre pour la formation de l'image négative, par une feuille de papier revêtu d'une couche d'albumine ou de cire.

plusieurs années une série de travaux ayant la photographie pour base, et il s'adonne à ces recherches délicates avec une ardeur et un zèle que rend plus méritoires encore la nature de sa profession. M. Niepce est officier de notre armée. Lieutenant de dragons, il demanda, en 1846, à être admis dans la garde municipale de Paris afin d'être mieux placé pour suivre la série de ses expériences. Il occupe aujourd'hui le grade de capitaine de cavalerie dans la garde républicaine. Par ses services militaires et par ses travaux scientifiques, il honore doublement le titre d'officier français.

Nous venons de présenter l'histoire de la photographie, d'exposer ses perfectionnements successifs et de marquer l'état actuel de ses méthodes. Est-il nécessaire d'ajouter maintenant que, pour clore la série de ces créations remarquables, un dernier pas reste à franchir. Tous nos lecteurs l'ont dit avant nous, car c'est là le problème que l'impatience des gens du monde ne cesse de poser à la sagacité des savants; il reste à reproduire les couleurs. Aux produits déjà si merveilleux de l'appareil de Daguerre, à ces images d'une si admirable fidélité, d'une délicatesse si parfaite, il faut ajouter le charme du coloris. Il faut que le ciel, les eaux, toute la nature inanimée ou vivante puisse s'imprimer sous nos yeux en conservant la richesse, la variété, l'harmonie de ses teintes. L'action de la lumière nous donne aujourd'hui des dessins, il faut que ces dessins deviennent des tableaux. Mais, avant tout, le fait est-il réalisable et la reproduction spontanée des couleurs naturelles ne dépasse-t-elle point la limite des moyens dont la science dispose aujourd'hui? Si l'on eût, il y a quelques années, adressé cette question à un savant initié aux lois générales de l'optique, il n'eût guère hésité à condamner une telle espérance. « Rien n'autorise, aurait-il dit, rien ne justifie l'espoir de fixer un jour les images de la chambre obscure en conservant leurs teintes naturelles; aucune des notions que nous avons acquises sur les propriétés et les aptitudes de l'agent lumineux ne se trouve liée à un phénomène de cet ordre. On comprend au point de vue théorique l'invention de Daguerre et le parti qu'on en a tiré. Il a suffi, pour en venir là, de trouver une substance qui, au contact des rayons lumineux, passât du blanc au noir ou du noir au blanc. Il n'y avait dans cette action rien de très-surprenant en fin de compte, rien qui ne fût en harmonie avec les faits que l'optique nous enseigne; mais de là à l'impression spontanée des couleurs il y a véritablement tout un monde de difficultés insurmontables. Remarquez bien, en effet, qu'il s'agit de trouver une substance, *une même substance* qui, sous la faible action chimique des rayons lumineux, soit influencée de telle manière que chaque rayon inégalement coloré provoque en elle une modification chimique particulière, et de plus que cette modification ait pour résultat de donner autant de composés nouveaux reproduisant intégralement la couleur propre au rayon lumineux qui les a frappés. Il y a dans ces deux faits, et surtout dans l'accord de ces deux faits, des conditions tellement en dehors des phénomènes habituels de l'optique, que l'on peut affirmer sans crainte qu'un tel problème est au-dessus de toutes les ressources de la science. »

Ainsi eût parlé notre physicien, et certes il eût trouvé peu de contradicteurs. Cependant une observation des plus inattendues est venue changer, on peut le dire, toute la face de la question. M. Edmond Becquerel a réussi, en 1848, à imprimer sur une plaque d'argent l'image du *spectre solaire*. On sait ce que les physiciens entendent par spectre solaire. La lumière blanche, la lumière du soleil, résulte de la réunion d'un certain nombre de rayons diversement colorés, dont l'impression simultanée sur notre œil produit la sensation du blanc. Si l'on dirige, en effet, un rayon de soleil sur un verre transparent taillé en prisme, les différents rayons composant ce faisceau de lumière sont inégalement réfractés dans l'intérieur du verre; au sortir du prisme, ils se séparent les uns des autres, ils divergent en éventail, et viennent former sur l'écran où on les reçoit une image oblongue dans laquelle on retrouve isolées toutes les couleurs simples qui composent la lumière blanche; on y voit assez nettement indiqués le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. On donne le nom de *spectre solaire* à cette bande colorée qui provient de la décomposition de la lumière, C'est là l'image que M. Edmond Becquerel a imprimée sur une plaque d'argent qu'il avait préalablement exposée à l'action du chlore. Ce fait suffit évidemment pour prouver que la reproduction photogénée des couleurs est une opération désormais réalisable, car il fait voir qu'il existe des agents chimiques capables de s'impressionner au contact des rayons lumineux, de manière à conserver les teintes des rayons qui les ont frappés.

Il ne faudrait pas cependant s'exagérer les conséquences de ce fait. L'observation de M. Becquerel présente une valeur théorique de premier ordre, mais elle ne fournit encore aucun moyen pratique d'arriver à la reproduction des couleurs. En effet, cette image colorée n'a pu être fixée par aucun agent chimique; par conséquent, lorsqu'on l'expose à la clarté du jour, le chlorure d'argent continuant à s'impressionner, toute la surface de la plaque devient noire et tout s'évanouit; pour l'empêcher de se détruire, il faut la conserver dans une obscurité complète. Une autre circonstance défavorable, c'est l'extrême lenteur avec laquelle s'accomplit l'impression lumineuse. L'action directe du soleil s'exerçant pendant deux heures est indispensable pour obtenir un résultat; aussi les images de la chambre obscure seraient-elles trop faiblement éclairées pour agir ainsi sur la plaque; des journées entières n'y suffiraient pas. Il faut

mentionner enfin une circonstance plus grave. Les couleurs simples, les teintes isolées du spectre sont jusqu'ici les seules que l'on ait pu fixer; les teintes composées, c'est-à-dire toutes celles qui appartiennent aux objets éclairés par la lumière ordinaire, ne s'impriment jamais sur le chlorure d'argent. Les objets blancs, par exemple, au lieu de laisser sur la plaque une couleur correspondante, s'y impriment en noir. Ainsi le fait découvert par M. Becquerel est loin de justifier toutes les espérances que l'on a pu concevoir à ce sujet. Il démontre seulement, contrairement à tout ce que l'on avait pensé jusqu'ici, que le problème de la reproduction photogénée des couleurs pourra recevoir un jour une solution satisfaisante, et que les personnes qui s'adonneront à ce genre de recherches ne trouveront plus, comme autrefois, dans les principes de la science, la condamnation anticipée de leurs tentatives. Quelque limitée qu'elle soit dans ses conséquences actuelles, cette observation n'en conserve pas moins une importance capitale. On peut espérer, en effet, que des recherches bien dirigées feront découvrir d'autres agents chimiques jouissant des propriétés du chlorure d'argent et répondant mieux que cette substance aux exigences de l'application pratique. On pourra donc un jour *peindre avec la lumière*. La lumière est, de tous les agents naturels, celui dont l'étude est encore aujourd'hui la moins avancée; et depuis quelques années on a vu se succéder, dans cet ordre de phénomènes, des découvertes si inattendues, qu'à ce sujet il est bien difficile de ne pas s'abandonner à quelques espérances.

Applications de la photographie aux sciences physiques et naturelles. — On connaît maintenant l'histoire et les plus récents progrès de la photographie. Si nous avons cru devoir nous étendre sur cette série d'opérations délicates, si nous les avons décrites avec quelques détails, c'est, on le comprendra aisément, parce qu'il y a dans cette découverte autre chose qu'un procédé ingénieux, qu'un agent mécanique de plus mis à la disposition des arts du dessin. La science a déjà tiré de la photographie de grands services; elle peut en attendre de plus grands encore. Tel est le principal titre des arts photographiques à notre attention, et c'est la portée scientifique de l'invention de Niepce et Daguerre qu'il nous reste à établir: la tâche sera facile.

Une des parties importantes de la physique, la *photométrie*, qui traite de la comparaison de l'intensité des diverses lumières, a emprunté aux procédés photographiques les plus précieuses ressources d'expérimentation. Avant la découverte du daguerréotype, les physiciens ne pouvaient déterminer avec rigueur l'intensité comparée de deux sources lumineuses, que lorsque celles-ci brillaient simultanément. Les moyens de mesure perdaient la plus grande partie de leur valeur, quand les deux lumières n'étaient pas visibles à la fois. C'est ainsi que l'intensité relative de la lumière solaire et de la lumière des étoiles ou de la lune n'avait pu jusque-là être fixée avec exactitude. L'emploi des moyens photographiques a permis de procéder avec une rigueur absolue à cette détermination délicate. Une plaque daguerrienne étant exposée à l'influence chimique de l'image formée au foyer d'une lentille par un objet lumineux, le degré d'altération subie par la couche sensible sert de mesure à l'intensité de la lumière émise. On a pu comparer ainsi avec une entière précision les rayons éblouissants du soleil et les rayons trois cent mille fois plus faibles de la lune. MM. Fizeau et Foucault ont eu recours aux mêmes moyens pour étudier comparativement les principales sources lumineuses naturelles ou artificielles en usage dans l'industrie, dans les arts et dans l'économie domestique. Les procédés empruntés à la photographie ont été employés pour enregistrer d'une manière continue les indications de quelques instruments météorologiques, tels que le baromètre et l'aiguille aimantée. Aujourd'hui, grâce à cet admirable artifice, dans quelques observatoires de l'Europe, les instruments de météorologie enregistrent eux-mêmes leurs propres observations. L'aiguille indicatrice de l'instrument vient se peindre sur la surface d'un cylindre tournant sur son axe d'un mouvement uniforme et exécutant une révolution dans l'espace de vingt-quatre heures. Le cylindre, étant préparé comme un papier photographique, conserve dans une sorte de traînée continue la trace de l'indicateur et présente ainsi une courbe dont chaque ordonnée indique l'état de l'instrument à l'heure marquée par l'abscisse correspondante.

Dans l'observatoire de Greenwich, en Angleterre, des instruments fondés sur ce principe sont mis en usage depuis quelques années: le gouvernement a honoré d'une récompense de 500 livres sterling le docteur Brooke, auteur de cette belle application des procédés photographiques. Cette méthode d'observation a fait renoncer à la surveillance de jour et de nuit à laquelle on était soumis depuis si longtemps pour relever l'indication des instruments météorologiques; elle a permis, de plus, de réduire de quatre à deux le nombre des surveillants de l'observatoire magnétique. C'est surtout, en effet, pour enregistrer les observations magnétiques, c'est-à-dire l'inclinaison et la déclinaison de l'aiguille aimantée, que l'appareil de M. Brooke est en usage à Greenwich. Voici, en quelques mots, le principe de sa disposition. L'extrémité de l'aiguille aimantée porte un miroir, et l'on fait réfléchir à ce miroir la lumière d'une petite lampe. Lorsque ce miroir se meut, par suite des mouvements divers que subit l'aiguille aimantée dans les différentes variations qu'il s'agit de noter, la lumière de la lampe réfléchie dans ce miroir décrit sur l'écran, où on la reçoit, un arc d'autant plus grand que cet écran est plus éloigné. Or, cet écran, placé dans un

lieu obscur, porte un papier photographique. On obtient donc ainsi, sur une surface impressionnable, la trace du mouvement angulaire accompli dans un certain intervalle par l'aiguille aimantée. Maintenant, si l'écran, formé par le papier sensible, est fixé à un cylindre tournant horizontalement sur son axe une fois en vingt-quatre heures, la marche du point lumineux réfléchi sera indiquée par l'espace influencé sur le papier. Il n'y a donc plus qu'à rendre permanente, à l'aide des procédés ordinaires, l'impression laissée sur la surface sensible; les papiers ainsi obtenus conservent et représentent l'indication des différents mouvements de l'aiguille magnétique pendant le cours de vingt-quatre heures. On a réussi à Greenwich à employer des moyens semblables pour enregistrer les indications barométriques. Mais on n'a pu parvenir encore à les appliquer à l'observation de la marche du thermomètre.

Plusieurs physiciens ont cru reconnaître que la lumière solaire émise deux ou trois heures avant midi diffère, par quelques caractères, de celle qui est émise aux périodes correspondantes après le passage au méridien. Il était donc utile de chercher à apprécier les caractères propres à la lumière solaire aux différentes heures du jour. M. Herschell, M. Edmond Becquerel et quelques autres physiciens, ont construit divers instruments nommés *actinographes*, qui permettent d'arriver à ce résultat. Le degré d'altération d'une couche de bromure d'argent sert de mesure à l'intensité d'action chimique de la lumière émanant du soleil à chaque période de la journée. L'étude de l'action chimique de la lumière est devenue dans ces dernières années l'objet des recherches et des travaux assidus de nos physiciens. M. Edmond Becquerel en France, M. Herschell en Angleterre, M. Moser en Allemagne, M. Draper en Amérique, ont ouvert dans cette direction une voie toute nouvelle et qui doit aboutir un jour aux découvertes les plus intéressantes sur la nature de l'agent lumineux, sur ses effets physiques et chimiques, sur sa constitution intime; questions qui se rattachent aux parties les plus élevées et les plus délicates de la physique des corps. Les plaques du daguerréotype, et les papiers sensibles préparés avec les composés chimiquement impressionnables, ont été les moyens et les instruments naturels de ces importantes recherches, qui méritent d'être encouragées et secondées de toutes manières.

Tels sont les services que la photographie a déjà rendus aux sciences physiques; les applications de cette découverte à l'histoire naturelle sont plus variées et plus générales. La possibilité d'obtenir dans quelques instants des dessins parfaits d'animaux, de plantes et d'organes isolés, donne aux naturalistes voyageurs la faculté d'accroître indéfiniment les richesses de leurs collections d'études. Les procédés daguerriens constituent donc une des ressources les plus efficaces offertes à l'avancement des sciences naturelles. L'étude si intéressante, mais si peu avancée encore des races humaines, trouvera surtout dans l'usage de la photographie la source de remarquables progrès. L'imperfection de l'anthropologie tient surtout à l'absence d'un musée des types authentiques. On conçoit dès lors l'utilité que présenterait pour cette science une collection de ce genre exécutée dans les conditions si parfaites de l'art photographique. Les portraits daguerriens des Botocudes, ou naturels de l'Amérique du Sud, apportés en France en 1844 par M. Thiesson, et les études de types africains recueillis par le même artiste dans un voyage postérieur, ont montré tout ce que l'anthropologie comparée peut attendre de l'emploi des procédés daguerriens. MM. Donné et Foucault ont réalisé une autre application de la photographie à l'histoire naturelle, qui est aussi curieuse qu'utile. Ils ont daguerréotypé l'image amplifiée des objets microscopiques, et rendu ainsi permanentes les images éphémères formées par la lentille de l'instrument. L'image que donnent au microscope solaire les globules du sang, par exemple, est reçue sur une plaque iodurée, et y laisse son empreinte qu'il ne reste plus qu'à rendre fixe par les moyens ordinaires. Les épreuves que l'on obtient ainsi ont servi de modèle aux dessins de l'Atlas microscopique de M. Donné.

Est-il nécessaire d'ajouter que les opérations photographiques peuvent se combiner non moins utilement avec les travaux de la cosmographie, de l'archéologie, de l'architecture? *Pour copier les millions et millions d'hiéroglyphes qui couvrent, même à l'extérieur, les grands monuments de Thèbes, de Memphis, de Karnak*, a dit M. Arago dans son rapport à la Chambre des députés, *il faudrait des vingtaines d'années et des légions de dessinateurs. Avec le daguerréotype, un seul homme pourrait mener à bonne fin cet immense travail. Munissez l'Institut d'Égypte de deux ou trois appareils de M. Daguerre, et, sur plusieurs des grandes planches de l'ouvrage célèbre, fruit de notre immortelle expédition, de vastes étendues d'hiéroglyphes réels iront remplacer des hiéroglyphes fictifs ou de pure invention, et les dessins surpasseront partout en fidélité, en couleur locale, les œuvres des plus habiles peintres; et les images photographiques, étant soumises dans leur formation aux règles de la géométrie, permettront, à l'aide d'un petit nombre de données, de remonter aux dimensions exactes des parties les plus élevées, les plus inaccessibles des édifices.*

Auxiliaire de la physique, de la chimie, de l'histoire naturelle, de la cosmographie et de l'archéologie, la photographie a donc trouvé dans les sciences plusieurs applications utiles. Cependant les services qu'elle leur a rendus jusqu'à ce moment sont probablement peu de chose relativement à ce qu'elle leur promet encore; elle est aux mains des savants depuis si peu d'années, qu'il est difficile aujourd'hui de prévoir et

de fixer avec certitude le parti que l'on pourra en tirer dans l'avenir. En effet, comme l'a dit M. Arago : « Quand les observateurs appliquent un nouvel instrument à l'étude de la nature, ce qu'ils en ont espéré est toujours peu de chose relativement à la succession de découvertes dont cet instrument devient l'origine. »

La photographie au point de vue des arts. — Les services que la photographie peut nous rendre ne sont pas limités au domaine des sciences; elle peut trouver dans la sphère des arts quelques emplois d'un autre ordre, et nous devons examiner jusqu'à quel point et dans quelle mesure elle peut devenir utile comme moyen d'étude dans les arts de la peinture et du dessin. La question de la valeur artistique des productions daguerriennes est encore très-diversement résolue ; il règne à ce sujet des opinions fort opposées. Quelques personnes, considérant l'inimitable perfection de détails que présentent les dessins photographiques, sont disposées à placer hardiment les créations de Daguerre au rang des plus belles productions des arts. D'autres contestent d'une manière absolue le mérite de tous les dessins obtenus par ces procédés, d'où la main de l'homme est bannie. Il existe enfin une troisième opinion, d'après laquelle, tout en rejetant la valeur des productions daguerriennes comme œuvre artistique, on pense néanmoins que l'étude de ces copies si parfaites de la nature est susceptible de rendre d'utiles services aux études des dessinateurs et des peintres.

Telles sont les opinions assez tranchées qui divisent les artistes sur la valeur des épreuves photographiques. Au point de vue de la métaphysique des arts, en ce qui concerne la pratique de la peinture et du dessin, cette question a son importance, et comme nous ne l'avons trouvée nulle part discutée avec le soin qu'elle mérite, nous croyons nécessaire de la soumettre ici à un rapide examen. Nous allons donc rechercher si les productions daguerriennes présentent quelque valeur au point de vue des arts, et si la photographie est en mesure de rendre à l'étude de la peinture et du dessin quelques services dignes d'être notés.

Pour procéder avec méthode à l'examen de cette question, il est nécessaire de montrer d'abord, par une analyse critique impartiale, les défauts que présentent les épreuves daguerriennes au point de vue des arts. Considérées dans leur valeur absolue comme objet d'art, les images photographiques présentent certaines imperfections faciles à signaler. En premier lieu, les tons de la nature y sont altérés presque constamment. Si l'on a sous les yeux une épreuve photographique et son modèle, on reconnaîtra sans peine que les tons de la copie et ceux de l'objet reproduit sont loin de correspondre entre eux. Tel ton vigoureux sur le modèle est peu sensible sur l'épreuve photographique, et au contraire, une nuance lumineuse d'une faible valeur dans la nature se trouve accusée sur la plaque daguerrienne avec un éclat tout à fait exagéré. Aussi la plupart des demi-teintes sont-elles en général forcées ; il résulte de là que l'épreuve daguerrienne est habituellement très-dure. On rencontre quelquefois, il est vrai, certaines épreuves dans lesquelles les rapports naturels des teintes sont conservés avec la plus exquise harmonie ; mais ces cas sont des plus rares : ils sont le fait de la réunion de quelques circonstances fortuites qu'il est impossible de provoquer et de reproduire à volonté. Le regrettable effet dont nous parlons est dû, sans doute, à ce que les différentes couleurs des objets extérieurs ont une action propre et variable sur les substances chimiques qui recouvrent la plaque, action qu'il est aussi impossible de prévoir que de diriger. Personne n'ignore, par exemple, les difficultés que présente la couleur verte pour la reproduction photographique (1).

Les amateurs font quelquefois reproduire par le daguerréotype des tableaux peints à l'huile. Il est facile de reconnaître que ces copies n'ont de valeur et de vérité que lorsque les tons du modèle sont peu nombreux et très-voisins les uns des autres. Une peinture de tons uniformes et sobres donne sur la plaque une image d'une ressemblance parfaite dans les tons ; mais si elle est riche de couleurs variées et papillotantes, l'épreuve daguerrienne qu'elle fournit est d'une fausseté criante. Faites reproduire par le daguerréotype, d'une part un tableau du style sobre et tranquille de M. Ingres, et d'autre part une toile animée de l'éclat et du brillant coloris de Delacroix, et vous pourrez vous convaincre de la vérité de cette observation. En second lieu, dans les dessins de Daguerre, la perspective linéaire et la perspective aérienne sont très-sensiblement faussées. L'altération de la perspective linéaire est la conséquence presque inévitable de l'appareil optique qui forme les images. Les objets placés à des distances inégales ont, en effet, des foyers lumineux distincts les uns des autres, et, quelle que soit la perfection de l'objectif, il est impossible qu'il fasse converger en un même point les rayons lumineux émanant d'objets fort éloignés entre eux. Tout le monde a remarqué, par exemple, que dans un portrait photographique, si les mains se trouvent placées sur un plan sensiblement antérieur au plan du visage, elles viennent toujours d'une dimension

(1) « La différence entre nos sensations pour les couleurs et leur reproduction par le daguerréotype est si marquée, dit M. Hubert, qu'un jour, en voulant introduire un ton clair dans une composition, et ayant jeté à cet effet un foulard d'un jaune très-tendre et très-pâle, loin d'avoir un ton clair pour le jaune, j'eus un ton très-foncé. Je pourrais citer aussi un paysage où les fleurs d'un lilas foncé étaient devenues blanches dans l'épreuve, ainsi qu'une partie des feuilles vertes; mais je crois inutile d'insister davantage. Il faut donc, quant à présent, adopter l'instrument tel qu'il est, quoique ses résultats diffèrent, dans certains cas, de ce qui se manifeste à notre vue, et tâcher de racheter par des équivalents cette fausse reproduction de nos sensations. » (*Le Daguerréotype, par un amateur*, pag. 22.)

tout à fait exagérée. L'altération de la perspective aérienne est aussi la conséquence presque forcée du procédé photographique. La substance qui reçoit l'impression de la lumière est relativement plus sensible que notre œil même; il en résulte que les aspects lointains, les objets situés à l'extrémité de l'horizon, sont reproduits avec plus de netteté qu'ils n'en présentent à nos yeux, contrairement aux effets habituels de la perspective aérienne. Un autre vice du daguerréotype réside dans son défaut absolu de composition. Le daguerréotype ne compose pas, il donne une copie, un *fac simile* de la nature. Cette copie est admirable d'exactitude jusque dans les derniers détails, mais c'est précisément là qu'est l'écueil. Une œuvre d'art vit tout entière par la composition. Le travail du peintre consiste surtout à atténuer un grand nombre d'effets secondaires qui nuiraient à l'effet général, et à mettre en relief certaines parties qui doivent dominer l'ensemble. Quand un artiste exécute un portrait, il n'a garde de reproduire avec un soin minutieux tous les plis des vêtements, tous les dessins de la draperie, toutes les enjolivures du fond; il éteint tous ces détails inutiles pour concentrer l'intérêt sur les traits du visage; à cette idée capitale il sacrifie toutes les autres, volontairement et en connaissance de cause. Ne demandez pas au daguerréotype aucun de ces artifices salutaires qui sont l'indispensable condition de l'art. Il est inexorable et presque brutal dans sa vérité. Il accorde une importance égale aux grandes masses et aux plus imperceptibles accidents. S'il prend une vue du Pont-Neuf, il vous donnera le plus minutieux inventaire de tout ce qui est visible à la surface du Pont-Neuf; vous pourrez y reconnaître toutes les pierres, tous les pavés et jusques aux écornures des pavés. Dans un portrait il se plaira aux arabesques infinies des draperies et des fonds, il donnera une valeur égale au point lumineux de l'œil et aux boutons d'un gilet. Mais, du moment où tout a de l'importance dans un tableau, rien n'a plus d'importance, et c'est ainsi que s'évanouit tout l'intérêt de la composition pittoresque, car l'intérêt, dans une œuvre d'art, naît seulement de l'unité de la pensée. Il serait puéril d'insister sur cette considération qui est l'évidence même. Il faut seulement faire remarquer que ce défaut de composition qui saute aux yeux dans les dessins du daguerréotype, a pour résultat de donner une représentation fausse de la nature. Lorsque nous recevons, en effet, l'impression d'une vue quelconque, celle d'un paysage par exemple, tous les détails de la vue extérieure viennent sans aucun doute s'imprimer au fond de notre œil; cependant il est certain que ces mille sensations particulières ne sont aucunement perçues, et qu'elles sont pour notre âme comme si elles n'existaient pas; il est certain que nous ressentons, non pas l'impression isolée des divers aspects du paysage, mais seulement l'effet général qui résulte de leur ensemble. Or, le daguerréotype reproduit impitoyablement les plus inutiles détails de la scène extérieure : il est donc vrai qu'il donne une traduction inexacte des sensations qu'excite en nous l'aspect de la nature. Mais j'entends à ce propos se récrier quelques lecteurs : *Eh quoi! dira-t-on, la copie mathématique d'un objet peut-elle donner de cet objet une représentation inexacte? L'identité est-elle un mensonge? Je monte sur la colline de Meudon un miroir à la main, et arrivé là, je dispose le miroir en face des perspectives qui m'environnent. N'ai-je pas ainsi l'image la plus parfaite du paysage qui se déroule à mes pieds? Quel peintre, quel artiste vivant pourra s'élever jamais à la perfection d'une telle copie? Or, que fait le daguerréotype? Il fixe pour toujours cette image fugitive; de ce miroir fidèle, il en fait un fidèle tableau. Que venez-vous donc nous parler de représentation fausse et d'inexacte reproduction!*

Cet argument ne nous surprend guère, car nous l'avons entendu répéter sur tous les tons. Cependant il n'est pas sans réplique. Evidemment toute la question se réduit à savoir si l'art réside ou non dans la stricte imitation de la nature. Or, l'erreur si commune et si répandue qui consiste à voir la perfection de la peinture dans la perfection de l'imitation matérielle, ne peut provenir que d'une confusion manifeste entre le but et le moyen de l'art. Qu'est-ce, en effet, que la nature? Les réalités extérieures qui nous environnent sont-elles les mêmes pour nous tous? Ne changent-elles pas pour des individus différents et même pour chaque individu, selon les dispositions qui peuvent affecter son âme? Plaçons deux hommes en présence d'un grand spectacle naturel, en face d'un beau site, devant la tête d'un homme de génie : assurément tous les éléments de cette scène viendront identiquement affecter leurs yeux; cependant chacun d'eux les verra d'une manière différente; bien des effets de cet ensemble échapperont à l'un des spectateurs, que l'autre pourra saisir, et certaines particularités inaperçues de tous deux leur deviendront immédiatement sensibles, si l'on appelle spécialement leur attention sur elles. Admettons maintenant que l'un de ces deux hommes soit peintre; comment pourra-t-il communiquer à son compagnon l'impression que ce spectacle lui fait ressentir; par quel moyen pourra-t-il la traduire avec son pinceau? Certes, s'il se borne à tracer de cette vue un calque mécaniquement exact, une copie mathématique, il n'aura pas gagné grand'chose, car son compagnon aura toujours sous les yeux ce même spectacle dont il est impuissant à démêler la beauté. Pour exprimer l'impression qu'il a reçue, il faut donc que le peintre exécute une traduction plus compréhensible de l'original, qu'il exagère certains effets, qu'il en atténue, qu'il en supprime d'autres; il faut qu'il transforme pour rendre saisissable, qu'il altère le texte pour le rendre lisible; il faut qu'il mente, en un mot, et ce n'est que par ce sa-

lutaire mensonge qu'il entrera dans les vraies conditions de l'art. J'ai entendu raconter à ce propos une petite histoire qui peut-être trouvera ici sa place toute marquée. Il s'agit d'une compagnie de touristes qui, pendant une excursion dans les Alpes, se trouvent tout d'un coup en face d'un site naturel d'un effet pittoresque. C'est une haute montagne, sur le penchant de laquelle un châlet se détache en silhouette déliée. La compagnie admire tout à son aise et se retire; un artiste, resté seul, prend à la hâte un croquis de la vue. Il présente ensuite son dessin à ses amis. Il n'y a qu'un cri pour trouver l'œuvre détestable, et la copie bien différente de la réalité. La montagne était bien plus haute et le châlet bien plus petit! *Notre montagne était une bonne et grosse montagne dont le sommet semblait atteindre aux nues; notre châlet, une étroite maisonnette à peine visible aux limites de l'horizon. La montagne que vous nous faites n'est qu'une colline efflanquée, et votre châlet est si grand qu'il logerait sans peine toutes les vaches de la contrée!* Cependant l'artiste, sûr de son fait, tient bon et maintient l'exactitude de son esquisse. On revient sur ses pas, on mesure les hauteurs, et l'on reconnaît que la copie est mathématiquement fidèle. L'artiste avait donc raison? Non, l'artiste avait tort. Il ignorait comment devant tous les grands spectacles naturels notre imagination altère et dénature les sensations primitives. Il était étranger à une règle essentielle de son art; sans cela il eût exagéré la hauteur de la montagne et diminué relativement les dimensions du châlet; ainsi il aurait exactement traduit l'impression qu'avait laissée dans l'imagination des spectateurs le contraste de ce petit châlet et de cette montagne immense (1).

Il est donc vrai que l'art n'imite pas, qu'il transforme; que pour traduire la nature, il s'en écarte; que pour copier, il invente; que pour reproduire, il crée. L'identité n'est pas le problème de la peinture, sans cela le trompe-l'œil serait le *nec plus ultra* de la peinture. Le beau visible n'est pas le beau de l'art. Ce qui ressemble dans un tableau n'est pas précisément ce qui est semblable au modèle, mais seulement ce qui rappelle à notre âme l'impression que le modèle y a laissée. Si l'on m'offrait de me montrer sur l'heure la tête de Louis XIV vivant, l'offre me toucherait peu. J'ai mon Louis XIV sous la main, il vit dans les galeries du Louvre, il respire sous le pinceau de Miguard. Je préfère contempler le grand roi à travers l'âme d'un peintre de génie, qu'à travers le miroir même d'une trop fidèle réalité. Votre Louis XIV pourrait avoir la colique, ou sa grande perruque être mal accommodée; au lieu du vainqueur de la Hollande, je trouverais peut-être l'esclave ridé de madame de Maintenon.

Ainsi, l'imitation n'est que le moyen des arts plastiques; leur but, c'est de rappeler à notre âme les sentiments qu'éveille en nous la vue de la réalité. Dans un tableau, ce qui nous touche, ce qui nous émeut, ce n'est point la reproduction fidèle des objets qui nous entourent, mais bien cet ensemble de confuses pensées mystérieusement attachées à leur forme extérieure, et qui sortent du cœur à leur souvenir comme à la vue de leur image. Le plus grand peintre est celui qui réalise le mieux cette harmonie secrète de nos sensations et de la forme visible.

Avec les moyens les plus simples, un artiste habile émeut profondément nos cœurs; avec un coin de prairie, une chaumière à demi cachée sous de grands arbres, quelques vaches aux alentours d'un ruisseau, Claude Lorrain et Ruysdael ont le privilége d'agiter doucement, de remuer nos âmes, de nous plonger dans un monde de rêveries enchantées. L'impression provoquée par le pinceau du peintre ne résulte pas évidemment de la vérité avec laquelle les objets sont reproduits sur la toile; elle naît seulement des ressouvenirs et des sentiments poétiques qu'éveille en nous l'heureuse et habile disposition des divers éléments de la scène champêtre. Le toit fumant de la maisonnette nous rappelle les joies tranquilles de la famille et du foyer; le ruisseau qui murmure doucement sous les grands arbres, nous apporte comme un écho affaibli et lointain des harmonies rurales; les fleurs à demi ensevelies sous l'herbe et sous la rosée de la prairie, nous rendent les parfums oubliés et les senteurs délicieuses de nos champs; le troupeau qui à l'horizon gravit péniblement la colline, nous envoie le grave enseignement du labeur fécond et béni de Dieu; et tous les éléments de cette scène heureuse semblent

(1) Ce n'est pas sans surprise et ce n'est pas sans plaisir que nous avons trouvé une confirmation de ce qui précède dans un écrit purement scientifique, dans l'ouvrage d'un géologue, que la nature de ses études et la direction de son esprit ont dû tenir singulièrement éloigné de tout ce qui se rapporte aux théories et à la pratique des arts. Dans ses *Leçons de géologie pratique* (t. I, p. 116), M. Elie de Beaumont rend, dans les termes suivants, un hommage involontaire à la vérité du principe qui nous occupe:

« Si le géologue n'est pas suffisamment exercé au dessin, il peut faire exécuter le paysage par un dessinateur. Mais il y a une grande différence entre un dessin dont les points principaux sont déterminés rigoureusement, et un dessin fait simplement à vue. Le dessin, exécuté sans le secours d'aucun instrument, est ordinairement plus pittoresque que le dessin levé rigoureusement, mais beaucoup moins fidèle. *Quand on voit une montagne, on se la figure toujours plus élevée qu'elle n'est : on en dessine une véritable caricature.* Quand on a fait un croquis, pour indiquer les angles mesurés, on lui donne une forme géométriquement aussi semblable que possible à celle que l'on a devant les yeux; mais on fait involontairement la hauteur trop grande. Lorsqu'on réduit plus tard ce dessin, on est conduit à lui donner une forme beaucoup plus aplatie. Cela tient à une illusion d'optique qu'on n'est pas maître d'éviter, et qui fait que lorsqu'*un dessin est exécuté rigoureusement, on ne le reconnaît presque pas; il paraît beaucoup trop plat. Lorsqu'on veut faire un dessin que l'on reconnaisse bien, il faut doubler ou tripler les hauteurs données par les mesures.*

se réunir pour nous offrir comme une représentation animée et vivante, où viennent se résumer toutes les harmonies, toutes les délices, toutes les félicités paisibles de la vie des champs.

Mais si, dans les arts, l'imitation, au lieu d'être un but, est simplement un moyen; si les œuvres des grands maîtres vivent par la pensée qu'elles expriment et non par la vérité de la reproduction matérielle; si le secret de la peinture c'est de représenter non l'aspect réel des objets, mais l'impression poétique dont ces objets sont pour nous l'occasion, il faut reconnaître qu'au point de vue des beaux-arts la valeur des images daguerriennes est presque nulle, à proprement parler. Quand il reproduit les scènes changeantes du monde qui nous entoure, le daguerréotype nous donne des copies admirables, dont la perfection dépasse assurément tout ce que la main de l'homme exécutera jamais; mais c'est là tout. Le seul sentiment que ces calques merveilleux puissent exciter en nous, est celui d'une curiosité stérile, sentiment qui renaît à chaque exhibition nouvelle, et qui, par conséquent, renaît affaibli. L'admiration qu'ils inspirent parle à nos sens et ne va pas au delà. Ils charment les yeux armés de la loupe, non l'esprit; l'œil est ravi, l'âme est muette. C'est dire assez que le daguerréotype a été, comme il devait l'être, une conquête presque inutile pour l'étude et le perfectionnement des beaux-arts. Tous les artistes qui ont essayé d'en tirer parti n'ont rien appris, rien utilisé de ses services, et l'on peut juger par là de l'injustice des reproches adressés à quelques peintres accusés de l'avoir copié. Il ne faut pas avoir beaucoup fréquenté les ateliers pour savoir que M. Meissonnier, l'éminent artiste auquel nous devons ces pages spirituelles où respire toute la vie qui anime les tableaux de Terburg et de Metzu, a eu souvent à se défendre de semblables reproches, si tant est que l'on puisse qualifier ainsi des observations de ce genre.

Si le daguerréotype peut en quelque chose être utile aux beaux-arts, c'est seulement, à nos yeux, en ce qu'il permet de mettre en parfaite évidence les simples vérités qui viennent d'être rappelées. Ces principes sont, en effet, ou contestés par beaucoup d'artistes, ou bien mis par eux en pratique d'une manière purement intuitive. La découverte du daguerréotype a terminé victorieusement ce débat. Si, en effet, un artiste, un philosophe, dans l'impuissance où il se trouvait de démontrer péremptoirement le principe de spiritualisme artistique qui nous occupe, se fût proposé d'imaginer quelque artifice propre à fournir de cette idée une preuve ou une représentation matérielle, il n'eût certes pas rencontré de moyen plus heureux ni plus décisif que l'instrument de Daguerre. Le problème en effet était celui-ci : Créer un instrument, une machine, un automate capable d'accomplir toutes les opérations manuelles de la peinture, susceptible d'exécuter tout ce que comporte l'imitation absolue de la réalité; puis, quand cette machine aurait accompli son œuvre, demander aux artistes si c'est à un tel résultat que s'employait leur génie; demander à la foule si elle peut confondre ces produits mécaniques avec les sublimes créations de l'art. Cet artifice, la science l'a trouvé : le daguerréotipe a permis d'opérer, dans les œuvres de l'art plastique, une analyse qui jusque-là avait paru impossible. Ce qui était intimement uni dans un tableau de Raphaël, si bien que l'on ne pouvait dire où commence la poésie, où finit le procédé, où commence la composition, où l'imitation s'arrête, le voilà nettement séparé. Sur une plaque daguerrienne on trouve réalisés, avec une perfection sans égale, tous les tours de force du dessin, toutes les subtilités du clair-obscur, tout ce que peut, en un mot, l'habileté technique et le procédé manuel; mais la poésie, mais l'inspiration, mais ce divin reflet de l'âme humaine, qui prête seul aux créations de l'artiste la vie, le sentiment et la pensée, tout cela manque à ces tableaux. C'est le corps moins l'esprit, c'est l'enveloppe d'une âme absente. Un simple regard jeté sur l'image photographique suffit donc pour mettre hors de contestation le grand fait esthétique de la prééminence de la pensée sur l'imitation matérielle, de la poésie sur le procédé. Là aura donc été l'utilité artistique de la découverte de Daguerre; elle aura fourni une démonstration aussi complète qu'inattendue de l'un des principes les plus salutaires de la métaphysique des arts.

Des observations qui précèdent, je crois pouvoir conclure que la photographie, qui marche au premier rang des inventions scientifiques modernes, est au contraire d'une valeur à peu près nulle au point de vue du perfectionnement des beaux-arts; que ses produits sont loin de satisfaire aux exigences de la reproduction plastique, et qu'elle ne saurait rendre de services aux dessinateurs et aux peintres que dans des cas très-limités. Je ferai cependant, en terminant, une réserve en faveur des dessins photographiques obtenus sur papier, qui me paraissent échapper, au moins pour la nature morte et pour l'architecture, aux principaux reproches que j'ai adressés aux épreuves sur plaques métalliques. Parmi les nombreuses épreuves de photographie sur papier, et surtout de photographie sur verre, que nous voyons se répandre depuis un an, il en est auquel l'esprit le plus prévenu ne saurait refuser un témoignage d'admiration sans réserve. Les vues des monuments antiques envoyées de Rome par M. Flacheron et par M. Eugène Constant, plusieurs sites copiés dans les environs de Paris par M. Martens et par M. Cousin, ont évidemment toute la variété des tons, toute l'harmonie et presque la finesse des gravures. Malheureusement les procédés de la photographie sur papier ont encore trop peu de régularité et de précision; ils sont d'arrivée trop récente dans le domaine scientifique, pour que l'on puisse établir encore quelque chose de pré-

cis et de définitif à leur sujet, en ce qui concerne les arts.

PIED ARTIFICIEL. — Les infortunés que la guerre ou divers accidents ont privés d'un de leurs membres, seraient, par cela même, condamnés pour toute leur vie à l'inaction ou à l'immobilité, si la substitution des membres artificiels ne venait apporter quelque adoucissement à leur fâcheuse position. Néanmoins quelque parfaite que puisse être une main artificielle, jamais elle ne jouira du tact, de la précieuse faculté de se mouvoir, de s'animer par l'effet de la volonté; rien ne pourra remplacer le pied humain, qui, par son admirable structure, s'adapte aux inégalités du sol et maintient le corps dans un équilibre parfait, bien que la base de sustentation soit très-étroite; qui, par la disposition du grand nombre de petites pièces solidement articulées qui le composent, amortit les chocs et prévient les funestes effets des contre-coups dans le saut, les chutes, etc.

La jambe de bois ou le pilon, qui est généralement employé pour les invalides peu fortunés, est terminé à son extrémité inférieure par une rondelle ou disque qui n'a que 6 centimètres de diamètre, ce qui rend la base de sustentation trop étroite et compromet la stabilité du corps. Aussi les invalides sont-ils obligés, pendant un temps assez long, d'étudier les lois de l'équilibre. Quand ils veulent faire des pas allongés, une enjambée, le disque ne touche à la terre que par un point de sa circonférence, et sous un angle très-aigu, d'où il résulte que le disque est exposé à glisser en avant, et l'invalide à tomber, quand le sol est uni et glissant. Outre ces inconvénients bien sérieux de la jambe de bois ordinaire, ce qui contrarie vivement et chagrine un grand nombre d'invalides, c'est, le croirait-on? de ne pas avoir au moins l'apparence d'un pied.

M. de Beaufort a présenté un pied artificiel dans lequel le disque du pilon est remplacé par une pièce de bois qui a la forme d'un soulier assez court, dont le dessus décrit une courbe ayant pour point de cintre l'articulation de la cuisse sur le tronc. Nous avons vu marcher plusieurs invalides avec le pied de M. de Beaufort: ils en sont tous extrêmement satisfaits; ils marchent avec beaucoup de sûreté et d'aplomb; ils sont, nous ont-ils dit, presque aussi solides qu'ils l'étaient sur leurs pieds naturels, mais beaucoup plus qu'ils ne le sont avec le pilon ordinaire. Les inconvénients de celui-ci sont bien plus sensibles pour les invalides qui ont fait usage du pied de M. de Beaufort: ils chancellent alors sur le pilon, bien cependant qu'ils en aient déjà fait usage pendant dix ou vingt ans.

M. le ministre de la guerre a ordonné l'essai du pied artificiel de M. de Beaufort, par un certain nombre d'invalides, pour des cas d'amputation au-dessus et au-dessous du genou, et même pour des amputés des deux jambes; ce sont précisément ces hommes-là que nous avons vus marcher, et qui nous ont donné le témoignage rapporté plus haut.

Enfin, nous avons demandé à M. le docteur Hutin, chirurgien en chef des invalides, chargé plus spécialement par le ministre de la guerre, de faire des essais avec le pied de M. de Beaufort, ce qu'il pensait de cet appareil; voici sa réponse:

Depuis cinq mois environ j'expérimente, à l'Hôtel des Invalides, le pied de M. de Beaufort. Tout ce que j'ai vu est parfaitement en faveur de ce moyen de prothèse; les invalides qui sont chargés de l'essayer s'en trouvent très-bien, et tout me fait croire que ce pied artificiel sera un progrès d'autant meilleur qu'il est d'une grande simplicité. — Voir les *Bulletins de la Société d'encouragement*, juin 1850.

PIERRERIES ARTIFICIELLES. — L'art imite la nature dans la composition des pierreries, dit l'*Encyclopédie méthodique*; il sait donner aux pierres factices la nuance, l'éclat des pierres fines. Nous allons parcourir ces compositions de pierres précieuses artificielles.

On nomme *doublets* les fausses pierres ou pierres précieuses, imitées avec deux morceaux de cristal, entre lesquels on renferme ou une feuille de métal, ou des couleurs empâtées de mastic et de térébenthine. Voici la manière de faire les doublets; cette méthode nous est donnée sous la forme de simple recette par M. Kunckel.

« On fera fondre ensemble, dans un vaisseau d'argent ou de cuivre jaune, du mastic en larme et de la térébenthine; on prendra une matière colorante, comme du vert de gris, du sang de dragon, de la laque de Florence, suivant les pierres que l'on voudra contrefaire; on réduira ces couleurs en une poudre très-fine par la trituration, puis on ajoutera la couleur qu'on veut employer au mélange fondu de mastic et de térébenthine. » Afin de mettre ces couleurs dans un état de division encore plus grand, Kunckel conseille d'avoir une boîte de bois de tilleul qui soit de la forme d'un gland, et dont le fond soit si mince, qu'il soit presque transparent. On met dans cette boîte le mélange de mastic et de térébenthine; on couvre la boîte de son couvercle, et on la suspend au soleil en été, ou sur un feu de charbon en hiver; ce qui fait suinter au travers de la boîte la partie la plus déliée du mélange, qu'on détachera pour s'en servir. La couleur étant ainsi préparée, on aura deux morceaux de cristal bien polis et qui puissent se joindre exactement; on chauffera le mélange indiqué ci-dessus, aussi bien que les cristaux, de sorte que le tout soit à un point de chaleur égale; on portera la couleur sur le côté poli de l'un des cristaux, avec un pinceau; on appliquera promptement l'autre cristal sur le premier, on les pressera pendant qu'ils sont échauffés; on les laissera refroidir et on les montera de la manière qu'on voudra.

On rapporte qu'un joaillier de Milan vendit un doublet 90,000 livres; et que l'on fut

longtemps à découvrir que ce fût une pierre fausse.

Mais pour n'être pas trompé et reconnaître les doublets, il suffit d'interposer un des angles de la pierre entre l'œil et le jour; si la pierre est blanche, c'est un doublet; car une pierre naturelle est colorée partout.

Pierres précieuses factices. — On imite encore les pierres précieuses, en donnant à des cristaux factices, ou à des portions de cristal de roche taillées et préparées, différentes couleurs, par le procédé indiqué par M. Dutens.

Si l'on fait rougir un cristal pur et transparent, et qu'on l'éteigne plusieurs fois dans la teinture de cochenille, il devient rouge et c'est un faux rubis.

Dans la teinture de santal rouge, le cristal devient d'un rouge foncé ou noirâtre.

Dans la teinture du safran, il devient jaune; c'est une fausse topaze.

Dans la teinture du tournesol, le cristal devient un faux saphir. On peut aussi teindre des cristaux en mettant de l'arsenic et de l'orpiment, mêlés ensemble dans un creuset, et, en plaçant le morceau de cristal dessus.

On teint même les cristaux à froid. Pour cet effet on prend de l'huile de térébenthine chargée de vert-de-gris; ou l'on a de l'esprit de vin bien déplegmé, et chargé d'une substance résineuse quelconque, soit du sang de dragon, soit de la gomme-gutte; on verse de l'un ou de l'autre sur le morceau de cristal une quantité suffisante pour qu'il baigne; au bout d'un certain temps, il sera coloré.

Cristal factice. — Pour faire ou imiter le cristal, il faut choisir de beaux sables, ou des cailloux pulvérisés, cent cinquante livres; de potasse très-purifiée, cent livres; de craie, vingt livres; de bonne manganèse, cinq onces; ces matières bien mêlées et mises en fusion donnent un beau cristal.

Si le verre ou le cristal au sortir du fourneau paraît nébuleux, c'est la craie et la potasse qui n'étaient pas dans un assez grand degré de pureté, ou cela provient de la qualité du bois des cendres duquel la potasse a été tirée; alors le remède à cet inconvénient est d'éteindre le cristal dans l'eau, et de le faire refondre jusqu'à ce qu'il soit tel qu'on le désire.

Pierres colorées. — On soupçonnait depuis longtemps que les pierres précieuses colorées ne devaient leurs couleurs qu'aux vapeurs minérales auxquelles elles avaient été exposées: un morceau de mine de cobalt qui tomba entre les mains de M. Hellot lui fournit la preuve la plus complète de cette opinion. Ce morceau de mine servait de matrice à un grand nombre de cristaux à facettes, tous sans couleurs et fort transparents. M. Hellot l'ayant fait chauffer sous une mouffle jusqu'à rougir, il trouva en les retirant tous les cristaux colorés, et le morceau de la mine devint un assemblage de toutes les pierres précieuses colorées que nous connaissons. Les seules vapeurs arsenicales et sulfureuses que la mine avait exhalées produisirent cet effet. Ainsi l'expérience confirma ce qui n'était qu'une probabilité.

Voici le moyen dont on se sert pour colorer les cristaux : Prenez, dit l'auteur, des morceaux de cristal de roche de différentes grandeurs, choisissez ceux qui sont bien purs et sans aucun défaut; joignez-y d'antimoine et d'orpiment bien pulvérisés, de chacun, deux onces, et de sel ammoniac, une once; mettez toutes ces matières pulvérisées au fond d'un creuset et arrangez par dessus les morceaux de cristal, couvrez le creuset d'un autre creuset renversé, de façon que l'ouverture de l'un soit appliquée à l'ouverture de l'autre. Il les faut bien luter, et quand le lut est séché, mettez le tout au milieu des charbons, qu'on laisse allumer petit à petit d'eux-mêmes. Le creuset, en commençant à sentir l'action du feu, fumera considérablement; il faut pour cette opération une cheminée large; et lorsque la fumée se lève, le parti le plus sûr est de sortir du laboratoire, car cette vapeur est mortelle. Lorsqu'il ne vient plus de fumée, on laisse le feu s'éteindre de lui-même et le creuset se refroidit. On en ôte pour lors les morceaux de cristal. Ceux qui sont à la surface sont de couleur d'or, de rubis balais et marqués de différentes couleurs. Ceux qui sont au fond sont pour la plupart couleur de vipère. On pourra polir à la roue et brillanter ces cristaux. Les autres morceaux montés en or et garnis d'une feuille, seront fort beaux et feront un bel effet à la vue. Cette opération n'étant ni longue ni coûteuse, on peu en colorer une bonne quantité. Il s'en trouve alors, sur le grand nombre, d'une singulière beauté.

On parvient encore à donner au cristal de roche la couleur du rubis, de la topaze, de l'opale; on prend alors d'orpiment bien jaune et d'arsenic blanc, de chacun deux onces; d'antimoine cru et de sel ammoniac, de chacun une once; on pulvérise ces matières; on les mêle avec soin; on les met dans un creuset assez grand; on pose par dessus d'abord les morceaux de cristal les plus petits, ensuite de plus grands qui n'aient ni taches, ni défauts; on couvre ce creuset d'un autre creuset renversé, au fond duquel il doit y avoir une ouverture de la grandeur d'un pois, ce qui se pratique afin que la fumée qui s'élève des matières étant contrainte d'aller droit, colore les matières en passant, mieux que si elle allait obliquement et sortait par les joints du creuset qu'on a eu soin de bien luter. Le lut étant séché, on met le creuset au milieu des charbons, de manière que le creuset de dessous soit entièrement couvert par les charbons et celui de dessus à moitié. On laissera alors le feu s'allumer petit à petit et sans souffler. Il faut que les charbons soient grands et de bois de chêne, et l'on procédera comme il a été dit ci-dessus, en se garant de la fumée. Il faut faire en sorte que les charbons une fois allumés se consument, et l'on laissera le

feu et la fumée cesser d'eux-mêmes. Lorsque tout sera refroidi, la plus grande partie du cristal sera peinte de couleur de topaze, de rubis, de chrysolite, d'opale, et formera un très-beau coup d'œil. On choisira les morceaux qui sont les mieux colorés, on les polira à la roue et ils prendront un éclat que n'ont peut-être pas les vraies pierres précieuses. En montant ces cristaux en or et en mettant une feuille dessous ils feront un très-bel effet. On aura soin de choisir de l'orpiment bien jaune, car c'est de là que dépend toute la beauté de l'opération.

J'ai éprouvé, dit Kunckel les deux opérations que l'on vient de rapporter, et je conviens qu'elles donnent de belles couleurs; mais le cristal de roche y devient comme froissé, et il s'y fait de petites fentes, qui empêchent que l'on vienne à bout de le bien tailler; cela est d'autant plus vrai qu'il est difficile qu'un morceau de cristal réunisse les deux qualités d'être bien coloré, et d'être assez dur pour pouvoir soutenir le poli. Il est néanmoins certain que si on pouvait le conserver en entier et en gros morceaux, ce procédé d'imitation serait le meilleur. Quant à ce que l'auteur dit en avoir taillé de belles pierres, je ne trouve pas, ajoute Kunckel, que la chose réussisse, de quelque façon qu'on s'y prenne, comme cela m'est arrivé; si on venait à fendre ces cristaux, ou qu'on en grattât la surface, le beau rubis disparaîtrait, ce qui fait voir que ce n'est qu'un tour d'adresse; et il en est des autres pierres comme du rubis. Voilà ce que j'ai dû devoir faire observer.

Strass ou *faux diamant*. — On imite assez bien les diamants avec une composition qu'on appelle strass, du nom de son inventeur; elle se fait avec un verre de plomb, qui, étant mêlé avec une quantité suffisante de cristal de roche, forme un diamant brillant et assez dur. Le strass eut une vogue si prodigieuse, que les femmes élégantes de Paris, qui le trouvaient à bon marché, ne portaient plus que de ces pierres, mais comme elles étaient si tendres qu'au bout de quelques mois elles ne brillaient plus, lorsqu'elles s'en plaignirent au lapidaire inventeur, il répondit : *Je travaille tous les jours à leur dureté*. En effet, il est parvenu à ne vendre que du diamant fin.

Le *cheron*, autre diamant factice de la composition de Cheron, se fait à peu près comme le strass. Une livre de cristal de roche, huit onces de nitre, quatre onces de borax, deux d'arsenic blanc, le tout mis en fusion à un feu fort vif donne un cristal qui sert de base non-seulement au diamant factice, mais aux autres pierres en y ajoutant la couleur.

Rubis faux. — Faites fondre à un feu très-violent six onces de cristal dont nous venons de donner la composition; ajoutez-y un gros d'orpiment, une once de safran de Vénus, deux grains d'or fulminant, auquel on a ôté sa vertu fulminante, et vous aurez un rubis.

Rubis spinel (faux). — Le rubis spinel est, comme on sait, une pierre d'un rouge clair. Pour le contrefaire, on prend un poids égal de fritte de cristal et de celle de roquette qu'on mêle avec soin. Sur deux cents livres de ce mélange, on met une livre de magnésie de Piémont et une once de safran préparé et bien uni avec la magnésie. On mêle exactement cette poudre avec les frittes susdites, puis on jette le tout petit à petit dans les creusets, parce que la magnésie fait gonfler le verre. Le safran bien mêlé à la magnésie lui donnera de l'éclat, et au bout de quatre jours, lorsque le verre sera bien purifié et qu'il aura pris couleur, il faudra mettre la main à l'œuvre. C'est la juste dose de magnésie qu'il faut pour faire des vases d'une grandeur médiocre, et pour que la couleur en soit assez forte. Les vases de moindre grandeur en demandent davantage; les plus grands en exigent moins; alors la moitié de la dose de poudre qui a été prescrite suffit.

Saphir faux. — Le saphir, pierre d'un beau bleu, peut être contrefait de la manière suivante :

Prenez de la fritte de roquette, et sur cent livres de cette fritte mettez une livre de safre; avant de la mêler avec la fritte, ajoutez une once de magnésie de Piémont préparée; exposez le mélange au fourneau; laissez-le entrer en fusion et se purifier; vous aurez par ce moyen une couleur de saphir d'un beau bleu; c'est ce que lui procure la petite quantité de magnésie que l'on y mêle. La couleur sera encore plus belle si on se sert de la seule fritte de cristal. Il faut avoir attention de ne point remuer la composition, car il s'y forme des bulles par le mouvement.

Topaze fausse. — La topaze, qui est une pierre précieuse de couleur jaune, se contrefait de la manière suivante :

Le cristal dont nous avons parlé à l'article strass, joint avec du safre, de l'esprit de nitre et l'écaille du cuivre, donne la topaze.

Autre composition. — Prenez quinze livres de frittes de cristal et douze livres de chaux de plomb; mêlez ces matières, passez-les au tamis, exposez-les à un feu doux, et au bout de huit heures faites-en l'extinction dans l'eau; réitérez la même chose une seconde fois et ayez soin d'ôter le plomb qui sera réduit; ajoutez ensuite moitié du verre d'un jaune d'or coloré; mêlez bien le tout et vous aurez une matière bien ressemblante à la topaze orientale.

Nous avons dit plus haut que la topaze peut se transformer en rubis balais.

Emeraude fausse. — On imite l'émeraude, qui est d'une belle couleur verte, par le procédé suivant : quatre onces du cristal déjà énoncé, deux onces de minium, un scrupule de safran de mars ou de chaux d'argent, et dix grains de vert-de-gris font l'émeraude.

Améthyste fausse. — Voici le procédé que donne Neri pour contrefaire l'améthyste, dont la couleur est d'un mélange très-agréable de rouge et de violet. On prendra de la fritte de cristal faite avec le tartre; mais avant qu'elle entre en fusion, on mettra sur cha-

que livre de cette fritte une once de la poudre que l'on va indiquer ci-après : on les mêlera bien ensemble, et on les exposera petit à petit au fourneau, car ce mélange s'enfle beaucoup.

Il faut commencer à travailler ce verre aussitôt qu'il est purifié et qu'il a pris la couleur d'améthyste. Pour sa composition il ne faut qu'une fritte de cristal ordinaire, et l'on peut en rendre la couleur claire ou foncée suivant les ouvrages que l'on se propose de faire.

Pour donner la couleur, prenez de la magnésie de Piémont, une livre ; de safre, une once et demie : mêlez avec soin ces deux matières réduites en poudre, joignez-les ensuite à la fritte de cristal et elles lui donneront une vraie couleur d'améthyste.

Aigue-marine fausse. — L'aigue-marine, comme nous l'avons dit, est une pierre précieuse d'une couleur verte. Cette pierre est plus facile à contrefaire avec le verre de plomb qu'avec du cristal ou du verre ordinaire; il ne s'agit que de prendre 16 livres de frittes de cristal, et dix livres de chaux de plomb. Après les avoir mêlées, tamisées, on met ce mélange dans un creuset un peu chaud; au bout de douze heures la matière sera bien fondue, il faudra la jeter dans l'eau avec le creuset; l'on en séparera le plomb pour la remettre au fourneau pendant huit heures, ensuite on prendra quatre onces d'oripeau calciné, et le quart d'une once de safre; joignez-y ce nouveau mélange en quatre reprises; au bout de deux heures, remuez bien le verre, faites-en l'épreuve, pour voir si la couleur est telle qu'on la désire. On la laissera au feu pendant dix heures, et l'on pourra la travailler.

La couleur d'aigue-marine est une des principales qui entrent dans la teinture du verre. Si l'on veut l'avoir d'une grande beauté, il faudra se servir du *bollito* ou cristal artificiel, car si l'on employait le verre commun, la couleur n'en serait point si belle. On peut faire usage du cristallin ou verre blanc. Il faut observer de ne pas mettre de magnésie, lorsqu'on veut donner la couleur d'aigue-marine au verre ; quoique le feu consume cette matière, elle ne laisse point de donner à cette couleur une nuance noirâtre. Au reste, il suffirait d'employer un beau verre blanc, dans lequel il n'entre point de magnésie. Prenez donc de la fritte de cristal, tel qu'on vient de l'indiquer, sans magnésie; lorsque le verre sera bien cuit et purifié, enlevez soigneusement, avec la cuiller de fer des verriers, le sel qui surnagera au verre comme de l'huile ; sans cette précaution la couleur serait louche et le verre gras. Lorsque le verre sera bien purifié, sur vingt livres de cristal, six onces d'oripeau préparé et une dose de safre qui n'excède pas le quart, en observant de bien mêler ces deux poudres, et de ne les mettre dans le creuset que petit à petit et à trois reprises; car l'oripeau bien calciné enfle de manière à faire sortir tout le verre du creuset. Il faudra y prendre garde et remuer continuellement le verre. Les petits vases minces demandent une couleur plus foncée et les grands une couleur plus claire. Le choix de la nuance dépend donc des ouvrages qu'on veut faire; il est néanmoins d'usage de foncer moins que plus la couleur; car il est toujours facile de remédier au premier défaut lorsque le verre est bien pur.

Vingt-quatre heures, après avoir ajouté la couleur, on pourra travailler le verre, observant, avant d'y mettre la main, de bien remuer le mélange afin que la couleur soit égale partout, car lorsque le verre repose, la couleur tombe au fond. On doit observer les mêmes règles pour les grands vases ; il est bon de savoir qu'à Murano, près de Venise, on prend pour cet ouvrage égale quantité de fritte de cristal et de celle de roquette; ce qui donne une couleur d'aigue-marine qui n'est guère moins belle.

Grenat faux. — Le grenat est d'une couleur rouge foncée ; le verre de plomb est plus propre que tout autre à contrefaire cette pierre. Pour cet effet on prend vingt livres de fritte de cristal, seize livres de chaux de plomb, on y joint trois onces de magnésie de Piémont et une demie-once de safre ; on met tout ce mélange dans un creuset un peu chaud; au bout de douze heures, on place le creuset au fourneau et on l'y laisse pendant dix heures, pour qu'il achève de se purifier ; on remue ensuite et l'on en fait l'essai.

Si l'on veut lui donner une couleur foncée, on prend deux onces de cristal de roche, cinq onces et demie de *minium*, quinze grains de magnésie, quatre grains de safre; on observe de laisser un peu plus de vide en opérant, parce que la matière se gonfle davantage ; par ce procédé on a une couleur rouge foncée tirant sur le violet. Pour obtenir encore une plus belle couleur, il faut prendre une once de cristal de roche, cinq onces de minium, quatre grains de magnésie, quatre grains de safre, ayant soin, comme ci-dessus, de laisser un grand vide dans le creuset, parce que la matière enfle considérablement. Enfin, on continue le procédé de la manière accoutumée, et on obtient une couleur de grenat supérieure à toutes les autres.

Agate fausse. — On a trouvé le moyen de contrefaire l'agate et même l'onyx pour faire des camées.

On prend à cet effet des morceaux de verre colorés dont on se servait pour faire des vitres d'églises. On les rend opaques en les statifiant dans un creuset, avec de la chaux éteinte à l'air, du plâtre ou du blanc d'Espagne. En exposant ce creuset au feu, en augmentant par degrés pendant trois heures, et en finissant par un feu assez fort ces verres deviennent opaques en conservant leur couleur, et ceux qui n'en avaient point deviennent d'un blanc de lait comme l'émail ou la porcelaine.

Si le feu a été bien ménagé dans le commencement et qu'on ne l'ait point poussé trop fort sur la fin, ces verres opaques sont encore susceptibles d'entrer en fonte à un plus grand feu. On peut donc souder les uns

sur les autres ceux de différentes couleurs, et par ce moyen imiter les lits de différentes nuances que l'on rencontre dans les agates onyx. On trouve même dans les vitrages peints des anciennes églises des morceaux de verre dans lesquels la couleur n'a pénétré que la moitié de leur épaisseur. Mais avant de se servir de ces verres qui ont des couches de différentes couleurs, il faut les faire passer sur la roue du lapidaire, et user de la surface blanche qui est destinée à représenter la surface blanche du camée, jusqu'à ce qu'elle soit réduite à l'épaisseur d'une feuille de papier. On pose ce verre du côté de la surface blanche que l'on a rendue si mince, sur le modèle dans lequel est l'empreinte de la gravure que l'on veut imiter : les verres que l'on a rendus opaques en suivant le procédé ci-dessus, étant susceptibles d'être travaillés au touret, on y applique la pierre gravée, et avec les mêmes outils dont on se sert pour la gravure en pierres fines, on enlève aisément tout le blanc du champ qui déborde le relief, et les figures paraissent encore isolées sur un champ d'une couleur différente, comme dans les camées.

Agates colorées.— Les agates et les jaspes peuvent aussi facilement se fondre.

Si l'on met sur un morceau d'agate blanchâtre de la dissolution d'argent dans l'esprit de nitre et qu'on l'expose au soleil, on la trouvera teinte d'une couleur brune et tirant sur le rouge. Si l'on y met de nouvelles dissolutions, on l'aura plus foncée et la couleur pénétrera presque entièrement. Si l'agate n'a qu'une ou deux lignes d'épaisseur et qu'on mette de la dissolution des deux côtés, cette teinture n'agit pas uniformément. Il y a dans l'agate et dans presque toutes les pierres dures des veines imperceptibles qui en sont plus facilement pénétrées que le reste ; en sorte qu'elles deviennent plus foncées et forment des variétés agréables qu'on ne voyait pas auparavant.

Si l'on joint à la dissolution d'argent le quart de son poids, ou environ de suie et de tartre rouge mêlés ensemble, la couleur sera brune tirant sur le gris.

La dissolution d'or ne donne à l'agate qu'une légère couleur brune qui pénètre très-peu ; celle du bismuth la teint d'une couleur qui paraît blanchâtre et opaque lorsque la lumière frappe dessus, et brune quand on la regarde à travers le jour. Pour réussir dans cette opération, il est nécessaire d'exposer l'agate au soleil. M. Dufay en a mis sous une moufle, mais elles n'ont pris que très-peu de couleur, et elle ne pénétrait pas si avant. Il a même remarqué plusieurs fois que celles qu'il avait exposées au soleil ont pris moins de couleur dans le cours de la première journée, qu'en une demi-heure du second jour, et même sans y remettre de la dissolution. Cela lui a fait supposer que peut-être l'humidité de l'air était très-propre à faire pénétrer les parties métalliques. En effet il a fait colorer des agates très-promptement en les portant dans un lieu humide aussitôt que le soleil avait fait sécher la dissolution, et en les exposant derechef au soleil.

Pour tracer sur l'agate blanche ou sur la calcédoine laiteuse des figures qui aient quelque régularité, la manière qui réussit le mieux est de prendre la dissolution d'argent avec une plume, ou un petit bâton fendu, de suivre les contours avec une épingle; si l'agate est dépolie, le trait n'est jamais bien fin ; mais si elle est bien chargée d'argent et qu'elle se puisse cristalliser promptement au soleil, elle ne court plus risque de s'épancher et les traits en seront assez délicats. Ils n'approcheront jamais du trait de la plume et de ces petits arbres que l'on voit formés par les dentrites. Supposé qu'on puisse parvenir à les imiter, voici deux moyens de reconnaître celles qui sont vraies d'avec les fausses.

1° En échauffant l'agate colorée artificiellement, elle perd une grande partie de sa couleur et on ne peut la lui faire reprendre qu'en remettant dessus une nouvelle dissolution d'argent. 2° La seconde manière, qui est plus simple et plus facile, est de mettre sur l'agate colorée un peu d'eau-forte ou d'esprit de nitre sans l'exposer au soleil ; il ne faut qu'une nuit pour la déteindre entièrement. Lorsque l'épreuve sera faite on lui restituera, si l'on veut, toute sa couleur en l'exposant au soleil plusieurs jours de suite. Cependant il ne faut pas trop compter sur cet expédient, comme on le verra par la suite.

On sait que, par le moyen du feu, on peut changer la couleur de la plupart des pierres fines ; c'est ainsi qu'on fait des saphirs blancs, des améthystes blanches. On met ces pierres dans un creuset, et on les entoure de sable et de limaille de fer; elles perdent leur couleur à mesure qu'elles s'échauffent; on les retire quelquefois fort blanches. Si l'on chauffe de même la calcédoine ordinaire, elle devient d'un blanc opaque ; et si l'on fait des taches avec de la dissolution d'argent, ces taches seront d'un jaune-citron, auquel l'eau-forte n'apporte plus aucun changement. La dissolution d'argent mise sur la calcédoine ainsi blanchie, et exposée au soleil pendant plusieurs jours, y fait des taches brunes. La dissolution d'argent donne à l'agate orientale une couleur plus noire qu'à la calcédoine commune. Sur une agate parsemée de taches jaunes, elle a donné une couleur de pourpre.

Nous avons dit que pour reconnaître l'agate teinte d'avec l'agate naturelle, il ne fallait pas trop compter sur l'eau-forte. En effet, M. de la Condamine ayant mis deux dentrites naturelles dans de l'eau-forte pendant trois ou quatre jours, elles ne changèrent point. Les dentrites mises en expériences ayant été oubliées sur une fenêtre, la pluie en tombant se mêla à l'eau-forte et la partie des dentrites qui trempait dans l'eau forte se déteignit complétement.

Malachite artificielle. — La malachite est, comme nous l'avons dit, une pierre verte, susceptible d'un beau poli. M. Sage, ayant eu occasion d'examiner cette matière, a re-

connu que le cuivre contenu dans la malachite a été réduit à l'état où il se trouve par la dissolution qu'il a éprouvée d'abord par l'action d'un alcali volatil, qui, s'étant exhalé ensuite, l'a laissé imprégné d'une matière grasse.

D'après ces connaissances, il a composé une espèce de malachite en faisant dissoudre du cuivre dans l'alcali volatil ou sel ammoniac dégagé par l'alcali fixe. Il a obtenu par cette dissolution des cristaux d'un beau bleu, qui, ayant été exposés à l'air, ont pris la couleur verte propre à la malachite. Mais cette préparation a de l'éclat et non de la dureté.

Turquoise artificielle. — Pour imiter la turquoise, prenez du sel marin gris, mettez-le dans le fourneau à calciner pour en tirer toute l'humidité; broyez-le bien, et vous aurez une poudre fort blanche qu'il faut conserver pour en faire usage dans la préparation du bleu turquoise. Ayez ensuite, dans un fourneau au creuset, de la fritte de cristal teinte en couleur d'aigue-marine verte, et préparée de l'une des matières rapportées à l'aigue-marine factice, d'autant que la qualité du bleu turquoise dépend de la beauté de l'aigue-marine. Mêlez petit à petit et en remuant bien, dans ce verre ainsi coloré, le sel marin préparé comme on vient de le dire, vous verrez alors la couleur d'aigue-marine devenir opaque et produire le bleu turquoise.

Nous joindrons à cet article quelques procédés plus nouveaux employés dans la fabrication des pierreries artificielles; nous emprunterons cette revue au *Dictionnaire des découvertes*, dont l'auteur a lui-même puisé ses renseignements aux sources scientifiques les plus authentiques.

Strass. (*Sa fabrication et celle des pierres colorées artificielles.*) — *Perfectionnement de Douault Wieland.* — Quoique les chimistes français, qui se sont occupés de la manière de traiter les matières vitrifiables, connaissent parfaitement la composition du fluit-glass, du strass et des verres colorés, il ne s'est élevé en France encore aucune fabrique en état de rivaliser avantageusement avec l'Allemagne pour la composition des pierres précieuses artificielles. La *Société d'encouragement*, en proposant pour sujet de prix la fabrication et le perfectionnement du strass, a sans doute jugé que le travail publié sur cette matière par M. Fontanieu était inexact et insuffisant. En effet, ce n'est que par hasard que l'on réussit à faire du bon strass, en suivant les formules indiquées par cet académicien, parce que l'on trouve rarement dans le commerce des substances pures et qu'il n'indique par les moyens de les purifier; d'ailleurs en n'opérant qu'avec des matières bien choisies, on est obligé de changer les proportions indiquées par M. de Fontanieu. M, Douault Wiéland, ayant senti la nécessité de reprendre ce travail dans son entier, et de n'employer que des substances de la plus grande pureté, s'est adjoint, pour le diriger dans ses efforts, MM. Darcet, Rouard et Cadet de Gassicourt. C'est à la bienveillance de ces trois savants que l'auteur avoue devoir l'avantage de présenter l'histoire théorique et pratique d'un art que l'on peut regarder aujourd'hui comme complet. M. Douault Wiéland, ayant réuni toutes les conditions exigées par le programme, a reçu, à titre d'encouragement, le prix de 1,200 fr. et une médaille d'argent pour son mémoire que nous allons reproduire textuellement ici. — La base de toutes les pierres artificielles est le strass, que l'auteur appelle fondant lorsqu'il l'unit aux oxydes métalliques pour former les pierres colorées. Travaillé seul, il sert à imiter les brillants et les roses. Le strass se compose avec la silice, la potasse, le borax, l'oxyde de plomb, et quelquefois l'arsenic. Examinons chacune de ces substances. La silice peut se prendre, 1° dans le cristal de roche; 2° dans le sable; 3° dans le sylex pyromaque. Le cristal de roche donne un verre plus blanc; le silex contient toujours un peu de fer qui colore le verre en jaune; le sable que l'on choisit le plus pur et le plus translucide a besoin d'être lavé avec de l'acide chlorique (muriatique) et ensuite avec de l'eau avant d'être employé. Pour pulvériser et tamiser le cristal de roche ainsi que le silex, il faut d'abord faire rougir les fragments au feu, les plonger dans l'eau froide pour les fendiller, puis les mettre en poudre et les tamiser. La potasse ne doit pas être mélangée avec d'autres sels; il faut choisir la plus belle perlasse ou la potasse caustique purifiée par l'alcool. Le borax de commerce, celui de Hollande, par exemple, produirait un verre brun. Il faut préparer l'acide borique cristallisé, extrait du borax de Toscane; il est blanc, pailleté, très-fusible, et M. Douault le regarde comme le meilleur fondant. L'oxyde de plomb doit être d'une pureté parfaite; s'il contient un atôme d'étain, le verre devient louche et laiteux. Le minium est préférable à la plus belle litharge et même à la céruse de Clichy, qui donne un beau verre, mais non exempt de bulles. Il faut analyser le minium avant de l'employer, pour être certain qu'il ne contient aucun acide. L'arsenic doit être également très-pur. Le choix des creusets est très-important. Ceux de Hesse sont meilleurs que ceux de porcelaine. Les creusets colorent quelquefois la matière en jaune ou en brun, quand leur surface interne laisse échapper quelques particules de fer. On n'a pas cet inconvénient à craindre avec des creusets de porcelaine dure, mais ils se cassent ou se percent souvent, et ils sont trop perméables. On se sert pour fondre la matière d'un four à potier ou d'un four à porcelaine, et les creusets restent vingt-quatre heures environ au feu. Plus la fusion est tranquille et prolongée, plus le strass acquiert de dureté et de beauté. Si l'on avait d'excellents creusets, on pourrait se servir du fourneau à porcelaine; mais comme on y fait trop de pertes, il faut se contenter du four à potier. Le mieux est cependant d'avoir un four construit exprès pour fondre le strass. Ce four cylindrique se termine

en dôme; il a la forme d'une ruche ou d'une borne haute de sept pieds et ayant quatre pieds de diamètre. On le chauffe avec du bois sec fendu en petites bûches. M. Douault Wiéland a réussi à faire de très-beau strass, en employant plusieurs proportions. Les quatre mélanges suivants ont produit de bons résultats.

N° 1.

Cristal de roche.	7 onces.	» gros.	24 grains.
Minium.	10	7 1/2	»
Potasse pure.	3	5 1/2	30
Borax.	»	3 1/2	24
Arsenic.	»	»	12
	22 onces.	3 1/2 gros.	18 grains.

N° 2.

Sable.	6 onces.	2 gros.	» grains.
Céruse de Clichy.	11	5 1/2	18
Potasse.	2	1 1/2	»
Borax.	»	5	»
Arsenic.	»	»	12
	20 onces.	7 gros.	6 grains.

N° 3.

Cristal de roche.	6 onces.	» gros.	» grains.
Minium.	9	2	»
Potasse.	3	3	»
Borax.	»	3	»
Arsenic.	»	»	6
	19 onces.	» gros.	6 grains.

N° 4.

Cristal de roche.	6 onces.	2 gros.	» grains.
Céruse de Clichy.	11	5 1/2	18
Potasse.	2	1 1/2	»
Borax.	»	5	»
	20 onces.	6 gros.	18 grains.

Le strass que l'on obtient avec le cristal de roche est en général plus dur que celui qu'on fait avec le sable ou le silex ; mais il est quelquefois trop blanc, ce qui n'est pas avantageux pour les petites et moyennes pierres, parce qu'elles ont moins d'orient et jettent moins de feu que celles dont la matière est légèrement colorée en jaune. Cette teinte disparaît dans la taille des pierres. La matière qui nous vient d'Allemagne est toujours colorée et souvent trop colorée. La composition de la topaze est sujette à varier dans la fonte. On pourrait l'appeler le caméléon vitré, tant elle change facilement de couleur, suivant le degré de température qu'elle éprouve, ou la durée du feu. Elle passe du blanc de strass au jaune soufre, au violet et au rouge pourpre suivant des circonstances que M. Douault Wiéland n'a pas pu encore parfaitement déterminer. On peut comparer cette matière au *rubin-glass* des Allemands et des Italiens. Il faut qu'on éprouve de grandes difficultés dans la fabrication de cette pierre, car la matière est rare dans le commerce. Un joaillier en ayant eu besoin pour compléter une commission de parure de sa fabrique, il lui a été impossible de s'en procurer une once à Paris ; il en a fait venir de Genève, qu'il a payée vingt-quatre francs la livre ; encore n'était-elle pas belle. Elle devenait presque toujours blanche au feu. Voici comme il l'a préparée :

Fondant (strass très-blanc).	1 once.	6 gros.	» grains.
Verre d'antimoine.	»	» 1/2	7
Pourpre de Cassius.	»	»	1
	1 once.	6 1/2 gros.	8 grains.

Il faut choisir le verre d'antimoine le plus transparent et d'un jaune clair. Les changements que cette composition éprouve au feu, suivant les différents degrés de température, sont dignes de l'attention des chimistes. La matière passe du jaune au rouge, du rouge au blanc ; elle repasse du blanc au rouge et au jaune suivant que l'on opère avec ou sans le contact de l'air. La théorie de ces phénomènes est une chose curieuse à déterminer, on ne la connaît point encore. On peut avec le fer seul obtenir une topaze assez belle ; pour cet effet on prépare le mélange suivant :

Fondant.	6 onces.	» gros.	» grains.
Oxyde de fer dit safran de mars.	»	1/2	»
	6 onces.	1/2 gros.	» grains.

Le rubis est la plus chère de toutes les pierres artificielles. M. Douault Wiéland a cherché sa composition en suivant les données de M. Fontanieu ; mais la grande quantité de substances qu'il emploie rend le succès toujours douteux, et la fabrication du rubis très-difficile. Ses essais sur la topaze lui ont fourni un excellent moyen d'obtenir constamment et à volonté de très-beaux rubis. Très-souvent le mélange qu'il faisait pour obtenir des topazes ne lui donnait qu'une masse opaque, translucide sur ses bords, et offrant dans ses lames minces une couleur rouge quand on les oppose entre les yeux et la lumière. M. Douault ayant pensé que l'opacité de cette matière résultait de ce que les oxydes n'étaient pas bien combinés avec le fondant, et qu'on obtiendrait de la transparence par une seconde fusion, en diminuant les proportions d'oxyde, ou, ce qui est la même chose, en augmentant celle du fondant, entreprit l'expérience suivante qui lui a parfaitement réussi. Il prit une partie de matière topaze opaque, qu'il mélangea avec huit parties de fondant ; l'ayant fait fondre dans un creuset de Hesse, qui est resté trente heures au feu d'un four à potier, il eut pour résultat un beau cristal jaunâtre semblable au strass. L'auteur a refondu cette matière au chalumeau pour l'essayer, et elle a produit le plus beau rubis d'Orient. Il a répété cet essai plus de vingt fois, et l'effet a toujours été le même. On peut faire un rubis moins beau et d'une

teinte différente en employant les proportions suivantes :

Fondant.	5 onces.	» gros.	» grains.
Oxyde de manganèse.	»	1	»
	5 onces.	1 gros.	» grains.

L'émeraude est très-facile à fabriquer. D'après les formules de M. Fontanieu, celle qui réussit le mieux est le simple mélange de l'oxyde vert de cuivre avec le fondant. Quant à celle où il fait entrer de l'oxyde de cobalt, elle donne un vert dont le fond est celui de l'émeraude, mais qui a des reflets bleus. La composition qui imite le mieux l'émeraude naturelle est la suivante :

Fondant.	8 onces.	» gros.	» grains.
Oxyde vert de cuivre pur.	»	» 1/2	6
Oxyde de chrôme.	»	»	2
	onces.	1/2 gros.	8 grains.

On peut, en augmentant la proportion de chrôme ou d'oxyde de cuivre et en y mélangeant de l'oxyde de fer, faire varier la nuance verte et imiter le péridot ou l'émeraude foncée. Pour donner une couleur d'un beau bleu oriental imitant le saphir, il faut employer du strass très-blanc et de l'oxyde de cobalt très-pur. Cette composition doit être mise dans un creuset de Hesse soigneusement luté et rester trente heures au feu. Si la fonte a été bien conduite, on obtient un verre très-dur et sans bulles. Il prend facilement le poli. Voici les proportions :

Fondant.	8 onces.	» gros.	» grains.	
Oxyde de cobalt.	»	» 1/2	32	»
	8 onces.	1/2 gros.	32	gr.

L'améthyste est une pierre estimée quand sa couleur est belle et veloutée. M. de Fontanieu fait entrer dans sa composition trop d'oxyde de manganèse, et beaucoup trop de pourpre de Cassius. Cela nuit à la transparence et donne une couleur vineuse qui n'est point naturelle. On réussit en adoptant la formule suivante :

Fondant.	8 onces.	» gros.	» grains.
Oxyde de manganèse.	»	» 1/2	»
Oxyde de cobalt.	»	»	24
Pourpre de Cassius.	»	»	1
	8 onces.	1/2 gros.	25 grains.

L'aigue-marine est une pierre peu recherchée, même quand elle est naturelle. C'est une émeraude pâle tirant sur le bleu plutôt que sur le vert, et imitant assez la couleur de l'eau de mer. On l'obtient en mêlant :

Fondant.	6 onces.	» gros.	» grains.
Verre d'antimoine.	»	»	24
Oxyde de cobalt.	»	»	1 1/2
	6 onces.	» gros.	25 1/2 gr.

Le grenat syrien, que les anciens appelaient escarboucle, a une couleur vive qui plaît beaucoup dans le commerce. Il est surtout employé pour les petits bijoux. On lui en a souvent demandé pour les colonies espagnoles. Le grenat artificiel est une espèce de rubis foncé que l'on fabrique d'après la formule suivante :

Fondant.	» onces.	7 gros.	8 grains.
Verre d'antimoine.	»	3 1/2	4
Pourpre de Cassius.	»	»	2
Oxyde de manganèse	»	»	2
	0 once.	10 1/2 gros.	16 grains.

Dans la fabrication des pierres artificielles, il est beaucoup de précautions à prendre, de soins à observer, que l'habitude de la manipulation peut seule faire connaître. En général les matières doivent être pulvérisées et même phosphorisées avec attention. Les mélanges ne se font bien que pour une tamisation répétée. M. Douault Wiéland recommande de ne point se servir du même tamis pour passer différentes compositions, quelques soins que l'on prenne de le nettoyer après l'opération. Enfin, pour obtenir des masses bien fondues, bien homogènes, sans stries, sans bulles, il faut n'employer que des substances d'une grande pureté, mélangées dans un état de ténuité extrême; choisir les meilleurs creusets; fondre à un feu gradué et bien égal dans son maximum de température, laisser la matière au feu pendant vingt-quatre à trente heures, et ne faire refroidir les creusets que très-lentement. (*Société d'encouragement*, 1819, page 311.)

Observations nouvelles. — *M. Cadet de Gassicourt.* — Quoique M. Douault Wiéland, dit l'auteur, ait trouvé une composition de strass supérieure à celle des Allemands, et qu'il imite parfaitement les pierres colorées naturelles, il ne faut pas croire que l'art de colorer les verres par les oxydes métalliques soit arrivé à sa perfection. Il est à désirer qu'un chimiste exercé s'occupe de la théorie de cette coloration. Depuis que les terres vitrifiables et les alcalis sont reconnus pour des oxydes métalliques, depuis qu'on a trouvé le *potassium*, le *sodium*, *le silicium*, le *calcium*, etc., les verres doivent être considérés comme des alliages. Il serait donc utile de les combiner dans leur état de pureté avec les autres oxydes que l'on soumettrait à la vitrification. D'ailleurs il est encore beaucoup d'autres substances qui pourraient être essayées dans la verrerie; tels sont le *bismuth*, le *nickel*, le *tungstène*, le *tellure*, le *molybdène*, le *platine*, l'*urane*, le *titane*, le *colombium*, le *palladium*, le *rhodium*, l'*iridium*, le *cérium*, le *barium* et le *strontium*; plusieurs sels, comme les *fluates*, les *phosphates solubles* et le *verre phosphorique*. On a déjà employé avec succès le *tungstate de chaux* pour imiter l'opale, et le *chromate de potasse* pour la chrysoprase artificielle. On peut donc espérer que cet art agréable fera encore des progrès. (*Société d'encouragement*, 1819, page 315;

et *Annales de chimie et de physique*, 1820, t. XIII, page 57.)

Perfectionnement.—M. Lançon.—Ce joaillier a concouru pour le prix proposé par la *Société d'encouragement* à celui qui présenterait le meilleur mémoire sur le strass français, et lui ferait connaître ses procédés. Quoique le prix ait été adjugé à M. Douault Wiéland, elle n'a pas moins cru devoir accorder une médaille d'or à M. Lançon, à titre d'encouragement. Ce fabricant, pour obtenir de beau strass, ne se sert point d'arsenic; il prétend même que lorsqu'il en employait dans ses compositions, il était toujours malade en travaillant les masses et en polissant les pierres qui en provenaient. M. Lançon obtient d'assez beau strass avec moins de précautions que n'en met M. Douault Wiéland. Il emploie les proportions suivantes

Litharge.	100 livres.
Sable blanc.	50
Tartre blanc ou potasse.	10

Son procédé pour obtenir l'émeraude consiste à mettre par livre fondant un gros d'acétate de cuivre et quinze grains de safran de mars (tritoxyde de fer). M. Cadet de Gassicourt, qui a suivi le travail de M. Douault, prétend que, pour imiter l'améthyste, ce joaillier emploie trop de manganèse, ce qui rend la pierre artificielle d'un violet foncé. Il cite à ce sujet les proportions de M. Lançon comme lui paraissant meilleures. Ce dernier prend :

Fondant.	1 livre.
Oxyde de manganèse.	5 à 24 grains.
Oxyde de cobalt.	1 grain.

Société d'encouragement, 1819, page 311, *Annales de chimie et de physique*, 1820, t. XIII, page 57.) Médaille de bronze à l'exposition, pour avoir présenté des parures et des bijoux de toutes espèces en pierres blanches et de couleur qui ne le cèdent point pour l'éclat aux plus belles pierres précieuses naturelles. (*Livre d'honneur*, page 152.)

PILES VOLTAIQUES. — Nous avons déjà eu l'occasion, à l'article GALVANISME, de dire quelques mots sur cette découverte sublime de la *pile* qui semble appelée à faire une révolution dans les arts chimiques et dans l'industrie, à nous donner en un mot, si la chose était possible, le secret du Créateur. Il n'est pas hors de propos, croyons-nous, d'exposer ici en son entier la théorie de l'appareil de Volta. C'est à un des maîtres de la science, à M. Biot, que nous l'emprunterons; nous ne saurions trouver un guide plus éclairé, ainsi qu'une démonstration plus positive et plus simple de cette admirable invention.

Considérons d'abord, dit M. Biot, une seule pièce formée d'une plaque de zinc soudée avec une plaque de cuivre de dimensions égales, et mettons la face de cuivre en communication avec le sol. Cette face sera alors dans l'état naturel; mais la face de zinc se couvrira d'une couche d'électricité vitrée libre, dont je représenterai par +1 la quantité totale. La valeur de cette unité dépendra de l'étendue des deux plaques, et sera proportionnelle à leur surface. La face du cuivre communiquant toujours au sol, on pose sur la face de zinc une rondelle de drap imbibée d'eau salée, ou de tout autre liquide conducteur, dont l'action électro-matrice est insensible. Alors l'électricité libre de la face zinc se répandra sur la surface du conducteur; mais comme il faut toujours que le zinc possède l'excès d'électricité vitrée que son contact avec le cuivre exige, il le reprendra au cuivre, et celui-ci au sol.

Les choses restant dans cet état, on prend une nouvelle pièce de cuivre et zinc pareille à la première; et, après avoir touché sa face de cuivre, on l'isole; puis on pose cette face sur la rondelle humide, comme si, de ces éléments successifs, on voulait former une colonne, c'est-à-dire qu'on les superpose en *pile*. Alors, selon Volta, il s'opère deux actions : 1° la face zinc de cette seconde pièce conservé l'excès d'électricité vitrée +1 qu'elle tient de son contact avec le cuivre; 2° le système entier de la pièce partage l'électricité libre de la rondelle, comme ferait tout autre corps conducteur. La rondelle reprend cette électricité au zinc inférieur, celui-ci au cuivre, et le cuivre au sol; de sorte qu'après un temps qui doit être infiniment petit, si sa conductibilité est parfaite, il s'établit un état électrique stable dans lequel les quantités d'électricité libre sont telles que le représente le tableau suivant :

Pièce supérieure.	face zinc Z_2 soudée à C_2.	+2
	face cuivre C_2 communiquant à la rondelle humide.	+1
Pièce inférieure.	face zinc Z_1 soudée avec C_1.	+1
	face cuivre C_1 communiquant au sol.	0

Sur ce système, poser une seconde rondelle, puis une troisième pièce de cuivre et zinc de la même manière. La face zinc de cette pièce conservera l'excès d'électricité vitrée +1 qu'elle tient de son contact avec le cuivre; mais en outre elle partagera, comme corps conducteur, l'électricité libre des pièces inférieures qui se réparera aux dépens du sol, et l'état électrique sera devenu stable, on aura;

Pièce 3.	face zinc Z_3 soudée à C_3.	+3
	face cuivre C_3 communiquant à la rondelle humide R_2.	+2
Pièce 2.	face zinc Z_2 soudée à C_2.	+2
	face cuivre C_2 communiquant à la rondelle humide R_1.	+1
Pièce 1	face zinc Z_1 soudée à C_1.	+1
	face cuivre C_1 communiquant au sol.	+0

En continuant toujours la superposition des couples de la même manière, les quantités d'électricité vitrée libre croîtront de bas en haut, suivant une progression arithmétique.

Cette théorie suppose que la transmission de l'électricité s'opère à travers les rondelles humides sans aucun affaiblissement. C'est le cas d'une conductibilité parfaite. On y admet en outre que les liquides interposés entre les éléments métalliques n'exercent sur eux qu'une action électro-motrice nulle, ou assez petite pour pouvoir être négligée. Enfin, pour passer d'un élément à un autre, on introduit une troisième donnée; c'est que l'excès d'électricité + 1 que le zinc prend au cuivre est constant pour ces deux métaux, soit qu'ils se trouvent dans l'état naturel ou non. Cette dernière supposition est la plus simple que l'on puisse faire; mais toutefois ce n'est qu'une supposition dont les expériences fondamentales ne fournissent aucune preuve. Coulomb, qui a vérifié cette loi, la trouve exacte. Il est clair qu'on ne peut l'établir avec exactitude qu'à l'aide de la balance électrique, en mesurant les quantités d'électricité libre aux diverses hauteurs de la pile; mais cette observation est influencée par la conductibilité toujours imparfaite des conducteurs humides, et par plusieurs autres causes encore. Quoi qu'il en soit, admettons d'abord l'équi-différence dont il s'agit, comme la plus simple des lois imaginables, et cherchons à en développer les conséquences par le calcul.

D'abord, si l'on touche d'une main la base de la pile, et que l'on porte l'autre main à son sommet, tous les excès d'électricité + 1, + 2, + 3,...... des différentes pièces se déchargeront à travers les organes dans le réservoir commun. En supposant la transmission de l'électricité dans l'intérieur de la pile parfaitement libre, ou seulement très-rapide comparativement à sa transmission par les organes, cette décharge devra produire une commotion comme celle de la bouteille de Leyde, mais avec cette différence remarquable que la sensation en paraîtra continue. Car la pile se rechargeant aux dépens du sol beaucoup plus vite que les organes ne peuvent la décharger, la pièce supérieure se retrouvera toujours presque aussi chargée qu'avant le contact. L'on peut aussi reproduire de la même manière, mais avec une intensité infiniment plus considérable, tous les phénomènes de saveur et de lumière qu'un seul couple de pièces peut présenter. (*Voy.* Galvanisme.) Si l'on veut connaître, dans ce cas, la quantité d'électricité qui forme la décharge à chaque contact, il n'y a qu'à faire la somme des quantités d'électricité qui, d'après les déterminations précédentes, existent à l'état de liberté dans les diverses parties de l'appareil. Mais pour simplifier cette évaluation, on peut supposer les rondelles humides infiniment minces et négliger la quantité d'électricité qui se porte à leur contour extérieur; alors les quantités précédentes répandues sur les surfaces du cuivre et du zinc seront les seules qu'il s'agira de sommer. On trouve alors que cette somme est proportionnelle au carré du nombre des couples. On verra plus loin que ce résultat est extrêmement affaibli par l'imperfection des conducteurs humides.

Nous avons supposé la pile montée de cette manière : cuivre, zinc humide, cuivre, etc., le premier cuivre communiquant au sol; mais on pourrait aussi la monter en sens contraire, zinc, cuivre humide, zinc, etc., en établissant la communication du sol avec le premier zinc. Dans ce cas, la théorie serait absolument la même, avec cette seule différence que notre unité + 1 deviendrait négative, c'est-à-dire que les quantités d'électricité libre seraient de nature résineuse.

Au lieu de poser les plaques métalliques les unes sur les autres en colonne verticale, on peut les placer de champ, et parallèlement les unes aux autres, sur des supports isolants, par exemple, sur des tiges de verre vernies. Alors, au lieu d'interposer entre elles des rondelles de drap qui se tiennent difficilement verticales, on établit de l'une à l'autre des espèces de petites auges dont elles font les parois extrêmes, et l'on verse dans ces auges les liquides qui doivent servir de conducteurs; c'est ce que l'on nomme l'*appareil à auges*. On peut aussi souder ensemble, et bout à bout, des lames de cuivre et de zinc que l'on recourbe à leur point de soudure, de manière que chaque métal puisse plonger dans un vase de verre ou de porcelaine, rempli en partie d'un liquide conducteur. Une suite de vases semblables forment une chaîne électromotrice dont les extrémités peuvent être ramenées circulairement l'une auprès de l'autre pour la commodité des expériences; c'est ce que Volta nomme l'*appareil des tasses à couronne*.

Nous examinerons plus loin les diverses piles en usage, en faisant connaître leurs diverses propriétés. Contentons-nous de dire ici que, de quelque manière que soient disposés ces appareils, leur mode d'action est exactement le même, et que la théorie que nous venons d'exposer leur convient également sans aucune restriction.

Appliquons maintenant, dit M. Biot, à la partie supérieure de la pile, ou en général à la dernière plaque de l'appareil, un condensateur dont le plateau inférieur communique avec le sol. Avant le contact, cette plaque, que je suppose toujours *zinc*, avait l'électricité vitrée libre, qui convenait à son rang dans la pile. Le condensateur lui en enlève une partie qu'elle reprend aussitôt à la pièce inférieure, celle-ci à la suivante, et ainsi de suite jusqu'à la dernière, qui reprend tout au sol. Ce mouvement doit donc se continuer jusqu'à ce que la pièce supérieure ait repris la même quantité d'électricité libre qu'elle possédait d'abord, et qui convient à sa position. Ainsi le condensateur se chargera jusqu'à ce que son plateau collecteur ait la même tension que la plaque.

Si la pile était montée en sens contraire, le zinc communiquant au sol, l'électricité

libre à son sommet serait résineuse, et la charge du condensateur serait égale à la précédente, mais résineuse aussi. De même que l'électricité de la colonne s'accumule dans le condensateur, elle s'accumulera dans l'intérieur d'une bouteille de Leyde ou d'une batterie électrique, dont l'extrémité communiquera au réservoir commun ; et comme, à mesure que la pile se décharge et qu'elle se recharge aux dépens de ce même réservoir, la batterie se chargera également, quelle que soit sa capacité, jusqu'à ce que la force répulsive de son électricité libre fasse équilibre à celle qui existe au sommet de la pile. Si l'on retire alors la batterie, elle donnera la commotion correspondante à ce degré de force répulsive.

Pour que l'action du condensateur sur la pile soit régulière, constante, et aussi énergique qu'elle peut l'être, il faut avoir le plus grand soin d'établir entre ses plateaux et les pôles de la pile des communications parfaites. Ces quantités d'électricité libre étant excessivement petites, le moindre obstacle suffit pour les arrêter et pour ralentir considérablement leur propagation; et alors le condensateur prend beaucoup moins d'électricité qu'il ne le ferait si les communications étaient libres. C'est bien pis encore si le mode de communication est lui-même variable, comme lorsqu'on tient le condensateur à la main et qu'on se contente de poser sur le sommet de la pile le bouton de son plateau collecteur. Dans ce cas, si on l'applique plusieurs fois de suite à la même pile, les quantités d'électricité dont il se charge peuvent varier en un instant du simple au triple ou au quadruple; au lieu qu'avec un mode de communication plus uniforme, on trouverait une parfaite égalité. Dans les considérations précédentes, nous avons toujours supposé que l'appareil électro-moteur communiquait par sa base au sol duquel il pouvait tirer toutes les quantités d'électricité libre nécessaires à l'équilibre de ses parties. Mais si l'on concevait que toutes les pièces qui le composent fussent placées originairement sur un isoloir, et que la colonne même, et l'observateur qui la forme, fussent isolés pendant qu'on la monte, alors les quantités d'électricité libre nécessaires à l'équilibre ne pouvant se tirer du sol, la pile se les prendrait à elle-même par la décomposition des électricités naturelles de ses plaques. Le pôle zinc aurait donc un excès d'électricité vitrée libre, compensé par un égal excès d'électricité résineuse au pôle cuivre; et à partir de là, les quantités d'électricité libre iraient en décroissant jusqu'au milieu de la colonne qui serait dans l'état *neutre*. Il est visible, en effet, que de cette manière les conditions d'équidifférence d'une pièce à l'autre seraient satisfaites, et conserveraient le rang que nous leur avons assigné dans l'appareil non isolé. Ces considérations sont confirmées par l'expérience, au moins dans leurs résultats généraux; car toutes les piles, même après avoir été montées en communication avec le sol, se mettent d'elles-mêmes dans l'état que nous venons de décrire lorsqu'on les place quelque temps sur un isoloir, parce que l'air qui les touche leur enlevant graduellement leur électricité libre, elles ne peuvent que se recharger aux dépens d'elles-mêmes, et les résultats de cette décomposition sont les seuls qui subsistent quand les quantités d'électricité qu'elles avaient prises au sol ont été épuisées avec le temps. Dans cet état, les signes électroscopiques aux deux pôles de la pile sont très-faibles, et les condensateurs, même les plus forts, ne s'y chargent pas sensiblement. Ce phénomène est d'autant plus digne de remarque, qu'il ne s'accorde pas avec la théorie de l'équilibre par équidifférence. Cette théorie indique bien que la charge du condensateur dans la pile isolée doit être moindre que dans la pile non isolée; mais la proportion qu'elle indique est bien éloignée de l'extrême faiblesse que l'expérience démontre.

Effets chimiques de la pile. — Après la continuité des commotions électriques, le premier phénomène que l'on opéra avec la pile fut la décomposition de l'eau. Cette découverte est due à MM. Carlisle et Nicholson. Si l'on adapte aux pôles de l'appareil des fils de platine qui se rendent dans un même vase de verre, en partie rempli d'eau, on voit un courant continuel de gaz oxygène se dégager du fil qui communique au pôle vitré, et en même temps un courant de gaz hydrogène se dégage de l'autre fil, qui communique au pôle résineux. Si, au lieu de platine, on emploie des fils de cuivre, d'argent, ou de tout autre métal susceptible d'être facilement oxydé, l'oxygène ne se dégage point sous la forme de gaz, il se combine avec le fil *vitré* et l'oxyde. Il est indifférent que la pile soit isolée ou non isolée. On a beaucoup cherché comment s'opérait la décomposition de l'eau dans ces circonstances. Il ne s'est élevé à cet égard qu'une opinion qui ait soutenu les regards de l'expérience : c'est que les molécules de l'eau situées entre les deux fils, étant influencées par les électricités opposées qui en émanent, se disposent et s'arrangent les unes à la suite des autres, comme une file de condensateurs, dans chacun desquels il y a un pôle vitré et un pôle résineux, de manière que chaque pôle résineux touche à un pôle vitré, et qu'aux extrémités de la chaîne, le fil métallique qui est vitré communique au pôle résineux d'une particule, et réciproquement. Supposons que, dans cette polarisation, l'oxygène de l'eau possède l'électricité résineuse, et l'hydrogène l'électricité vitrée, alors, si la force attractive de la pile est assez forte pour que la première molécule d'eau se décompose, cela suffira pour toute la chaîne. L'oxygène de cette molécule devenant libre, se dégagera sous forme de gaz, ou se combinera avec le fil vitré et l'oxydera. Alors l'hydrogène de la même molécule deviendra libre aussi; mais comme il possède l'électricité vitrée, il sera attiré et

retenu par l'oxygène de la molécule suivante qui possède l'électricité résineuse. Il déterminera à son tour la décomposition de cette particule, se combinera avec son oxygène, et formera une nouvelle molécule d'eau. Cette combinaison rendra libre l'hydrogène de la seconde particule, qui agira de même sur la particule suivante, jusqu'à ce qu'enfin la décomposition se transmette à la particule d'eau qui est immédiatement en contact avec le fil résineux. Ici l'action électrique des molécules les unes sur les autres ne se prolonge pas davantage; l'hydrogène de la dernière particule ne trouvera plus d'oxygène électrisé avec lequel il puisse se combiner; par conséquent, il se dégagera sur ce fil, ou se combinera avec lui.

Ce que nous venons de dire pour l'eau peut s'appliquer à toute autre substance que la pile décompose. Alors la possibilité de la décomposition dépendra en général de trois éléments : 1° de la disposition plus ou moins forte qu'auront les principes de cette substance à prendre dans chaque particule des états électriques opposés; 2° de l'énergie plus ou moins grande de cette opposition; 3° enfin, du rapport de cette énergie avec l'affinité chimique que les principes de la substance ont entre eux. Par exemple, si l'on opère sur un corps dont les principes se mettent facilement dans un état électrique très-opposé, il pourra se faire que la pile décompose ce corps, quoique l'affinité chimique qui réunit ses principes soit très-puissante. Si, au contraire, l'affinité est très-faible, mais qu'en même temps les principes constituants de la substance aient très-peu de tendance à se mettre dans des états électriques opposés, il sera fort possible que la décomposition ne s'opère pas. Enfin, de même que dans le frottement des corps les uns sur les autres, il y en a qui prennent tantôt l'électricité vitrée, tantôt l'électricité résineuse, selon la nature du frottoir auquel on les applique; de même il pourra arriver qu'un même principe chimique prenne tantôt l'état vitré, tantôt l'état résineux, selon les combinaisons où il entrera. Et quoique, en général, chaque principe doive porter dans toutes les combinaisons les mêmes dispositions naturelles, néanmoins le résultat définitif dépendra encore des dispositions analogues ou différentes des principes avec lesquels il sera uni. Dans toutes les expériences que l'on a faites avec les piles, l'appareil a paru conserver cette disposition à l'état résineux que nous lui avons reconnu dans l'eau, et que l'on remarque aussi dans les expériences faites avec l'électricité ordinaire, où l'oxygène de l'air se porte vers les surfaces électrisées vitreusement, même lorsque les corps se sont trouvés composés de plusieurs principes, dont quelques-uns avaient de fortes affinités avec l'oxygène; celui-ci leur a communiqué sa disposition résineuse, et les a entraînés vers le pôle vitré, tandis qu'au contraire les autres principes ont alors pris l'état vitré, et se sont portés vers le pôle résineux. En vertu de cette loi, tous les oxydes et tous les acides qui contiennent de l'oxygène, ont été décomposés par la pile, et le principe qui était uni à l'oxygène a été transporté au pôle résineux, tandis que l'oxygène, suivant sa disposition constante, est venu se rendre au pôle vitré. Ces belles observations ont été d'abord faites par MM. Hisenger et Berzélius. M. Humphry-Davy, en les variant, en les étendant, fut conduit à essayer l'action de l'appareil électro-moteur sur les alcalis, que l'on avait jusque-là regardés comme des corps simples. Il vit alors, et ce fut depuis l'étonnement de l'Europe savante, il vit des bulles d'oxygène se dégager au pôle vitré, tandis qu'au pôle résineux s'assemblaient des substances brillantes d'un aspect métallique et pourtant très-légères, brûlant dans l'air avec énergie, et même jouissant de la singulière propriété de s'enflammer dans l'eau. C'étaient donc les bases métalliques de la soude, appelée depuis *sodium* et *potassium*. Mais ces propriétés même faisaient qu'on ne pouvait extraire que des atômes de ces substances qui se détruisaient dans l'air à mesure qu'ils étaient formés. Il fallut donc chercher un moyen de les préserver du contact de l'air qui les dévorait. Le docteur Seebeck imagina pour cela un procédé fort simple, qui consiste à combiner le sodium et le potassium avec le mercure, à mesure qu'il se dégage. On creuse dans un petit fragment de soude ou de potasse une cavité que l'on remplit de mercure; on pose ce fragment sur une plaque métallique, et l'on plonge dans le mercure le fil résineux d'un appareil électro-moteur, qui doit contenir au moins deux cents couples de plaques. On fait communiquer l'autre fil avec le support de métal; alors la soude ou la potasse est décomposée, ainsi que l'eau qu'elle contient.

L'oxygène de l'un et de l'autre se rendent au pôle vitré, où leur état électrique les entraîne. L'hydrogène et le sodium ou le potassium qu'ils abandonnent se rendent, au contraire, au pôle résineux. Là, l'hydrogène se dégage sous forme de gaz, et le potassium ou le sodium se combinent avec le mercure qui les préserve du contact de l'air. De temps en temps on verse l'*amalgame* dans l'huile de naphte, et on renouvelle le mercure. Lorsqu'on a recueilli une certaine quantité d'amalgame, on le distille dans une cornue, avec le moins d'air possible. L'huile se vaporise d'abord, ensuite le mercure; et enfin le sodium ou le potassium restent libres. Pour que la décomposition de la potasse ou de la soude s'opère par le procédé que nous venons de décrire, il faut que ces alcalis contiennent assez d'eau pour transmettre l'électricité de la pile, mais non pas cependant une quantité assez grande pour que la décomposition de cette eau exige tout l'emploi de l'électricité transmise, car alors la potasse et la soude ne se décomposeraient pas. M. Davy et M. Seebeck, par des procédés de ce genre, sont parvenus à reconnaî-

tre dans les autres alcalis des signes non douteux de décomposition.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que l'action de la pile pour décomposer les corps. Elle a encore d'autres effets très-remarquables. Par exemple, si l'on établit la communication des deux pôles par des fils métalliques très-fins, et qu'on les approche doucement l'un de l'autre jusqu'au contact, il s'établit entre eux une attraction qui les retient unis malgré la force de leur ressort; si ces fils sont de fer, il excite entre eux une étincelle visible qui produit une véritable combustion du fer. Ce phénomène réussit plus sûrement, lorsqu'on arme l'extrémité d'un des fils avec une légère feuille d'or battu. Cette feuille est consumée à l'endroit où l'étincelle s'élance. On peut enflammer *du gaz détonnant* (1) avec cette étincelle et même du phosphore et du soufre, comme avec celles que donnent les machines électriques ordinaires.

Nous ne parlerons ici que des effets produits par les piles communes dont les disques ont à peu près la largeur d'une pièce de 5 francs; mais on conçoit qu'ils doivent devenir beaucoup plus considérables, si l'on emploie des plaques qui aient plus de surface, et qui soient assemblées en même nombre (2). Car dans des piles où le nombre des éléments et la nature des conducteurs sont les mêmes, l'épaisseur de la couche électrique libre sur chaque plaque de rang égal est aussi la même; d'où il suit que les quantités totales d'électricité que ces piles possèdent dans l'état d'équilibre, ou qu'elles donnent dans l'état de mouvement, *sont exactement et constamment proportionnelles aux* SURFACES *des plaques*, quelles que soient d'ailleurs les modifications qui puissent y survenir dans le cours de l'expérience, par suite de l'action de la pile même. . . . . Une pile à larges plaques, même composée d'un petit nombre de couples, peut enflammer plusieurs centimètres de fil de fer; et si, à la largeur des plaques se joint aussi l'augmentation de force qui résulte de leur nombre, alors l'énergie devient extrême. — Ces phénomènes ont été observés pour la première fois par MM. Hachette et Thénard.

Une des principales applications de la pile est sans contredit la réduction des métaux; nous avons déjà vu à l'article GALVANOPLASTIE tous les prodiges, s'il nous est permis de nous exprimer ainsi, que l'on a su tirer de ses diverses applications. M. Smee s'est surtout occupé de la construction des piles dans le but spécial dont nous venons de parler. Nous le laisserons donc faire ressortir lui-même les avantages de la pile en général, appliquée à la galvanoplastie, et déduire ceux qui sont particuliers à l'appareil qui lui est propre.

« La supériorité du procédé par la pile sur tous les autres, dit-il, dépend surtout de la possibilité de l'appliquer à tous les cas

(1) Mélange d'oxygène et d'hydrogène.
(2) Cette théorie sera exposée plus loin.

D'abord, quand on ne fait usage que d'une seule de ses cellules, la quantité de zinc dissoute pour produire un résultat donné est équivalente, et même souvent inférieure à celle qui résulte de l'emploi des autres appareils, parce que l'action locale, dans les piles composées, est moindre que celle qui résulte de l'emploi d'un appareil à une seule cellule, et que la quantité du métal précipité peut être réglée avec la plus grande exactitude; je n'hésite même pas à dire que l'emploi du procédé par la batterie est le seul moyen qui puisse être adopté avec avantage par le manufacturier.

« Ma pile à éléments d'argent revêtus de platine est particulièrement avantageuse à l'expérimentateur; car, lorsqu'elle est en action, elle lui fait connaître les progrès du travail dont il s'occupe. Si le courant électrique est faible, on entend un bruit léger; si le courant est un peu plus fort, le bruit augmente; si l'on fait passer un courant modéré, on entend un sifflement; et enfin, si le courant est très-fort, on distingue un véritable mugissement. Au moment où j'écris ces lignes, j'ai sous les yeux dix-neuf batteries qui fonctionnent, et chacune m'indique par un bruit particulier le travail qu'elle exécute. En ce moment la chute d'un corps pesant, dans une pièce voisine, ayant amené un point de contact entre deux fils conducteurs, il en est résulté un bruit considérable qui m'a immédiatement averti de cet accident, malgré le bruit produit par mes dix-huit autres piles. Je viens de séparer les fils conducteurs, et le bruit général produit par les appareils m'annonce qu'ils fonctionnent tous d'une manière satisfaisante. Toute action locale exercée sur le zinc est immédiatement indiquée par le bruit particulier qu'on entend, et j'ai été souvent surpris de la promptitude avec laquelle l'expérimentateur peut saisir les nuances de chaque bruit. Quant à la durée des effets de cette pile, je dirai que, quoiqu'en théorie ils ne soient pas absolument constants, on trouve cependant, en pratique, qu'elle répond à toutes les exigences de l'expérimentateur, puisque cette durée est de deux ou trois jours, ou, qu'en d'autres termes, elle se continue jusqu'à l'épuisement entier de la pile; alors même une minute suffit pour remettre la batterie en marche, en ajoutant un acide affaibli à la solution de zinc. En citant ma propre expérience, touchant le mode d'action de ma pile, je pourrais y joindre le témoignage de plusieurs des plus grands manufacturiers d'Angleterre. J'ajouterai que le platine ne détruit jamais l'argent, et que l'argent revêtu de platine n'éprouve jamais le plus léger changement et n'est pas le moindrement attaqué. »

Nous allons ajouter à la théorie des piles électriques quelques considérations que nous empruntons à un de ces excellents ouvrages publiés sous le titre de *Manuels Roret*.

« Suivant la manière dont on l'obtient, l'électricité se subdivise : en électricité par *friction*, lorsque ce fluide est obtenu à l'aide

d'une machine électrique ; en *thermo-électricité*, lorsqu'il provient de corps solides par l'intermédiaire du calorique ; en *électricité animale*, quand il est produit par les corps organisés ; en *électricité magnétique*, lorsqu'il dérive de l'aimant naturel ou artificiel ; en *électricité voltaïque ou galvanique*, lorsqu'il est obtenu par la pile de Volta.

« Quoique ces noms, par leur multiplicité, semblent propres à jeter de la confusion sur le sujet qui nous occupe, il faut se souvenir qu'il n'y a qu'une sorte d'électricité qui se manifeste sous ces différentes formes, suivant diverses circonstances. Occupons-nous seulement des effets obtenus à l'aide de la pile voltaïque.

« Les phénomènes auxquels on a imposé le nom d'électricité voltaïque ou galvanique, sont ceux qu'on obtient par l'emploi de la pile de Volta ou de Galvani, ainsi appelées du nom de leurs inventeurs. Ces observateurs remarquèrent que deux fragments de métal, possédant une affinité différente pour l'oxygène, produisaient, quand ils étaient convenablement unis l'un à l'autre, de fortes convulsions dans le cadavre d'une grenouille; ayant continué leurs expériences, ils finirent par construire la pile qui est maintenant devenue, par suite des dernières découvertes, un instrument puissant et d'une importance immense.

« Sans examiner en détail les expériences intéressantes des auteurs qui les ont suivis, disons que pour construire avec avantage une pile galvanique, on doit se servir de deux corps conducteurs du fluide électrique, ainsi que d'un liquide conducteur composé, qu'on puisse soumettre à la décomposition. L'un des deux corps doit avoir la plus grande affinité possible pour l'un des éléments du fluide, et le second corps doit avoir le moins d'affinité possible pour le même élément de ce fluide. Ainsi, dans un simple circuit composé de zinc, d'argent et d'eau (l'eau étant rendue bon conducteur par l'addition d'un acide), le zinc a une grande affinité pour l'oxygène de l'eau, tandis que l'argent n'a que fort peu d'affinité pour ce gaz; on produira ainsi un courant d'une grande force. En ce qui concerne le pouvoir conducteur des corps, on peut dire que les métaux et toutes les variétés de carbone (excepté le diamant) tiennent le premier rang parmi les solides. Les liquides sont en général de mauvais conducteurs, particulièrement l'eau pure, quoiqu'elle devienne bon conducteur si on y ajoute des acides, des alcalis ou un sel quelconque. Les chlorures, les iodures en dissolution, sont aussi de bons conducteurs. Voici une liste des principaux métaux rangés dans leur ordre de conductibilité : l'*argent*, le *cuivre*, le *plomb*, l'*or*, le *laiton*, le *zinc*, l'*étain*, le *platine*, le *palladium* et le *fer*.

« Si on excepte les métaux terreux et alcalins, tels que le *potassium*, le *sodium*, etc., le zinc a incontestablement la plus grande affinité pour l'oxygène, et c'est à ce titre qu'il est constamment employé comme métal électro-positif (c'est ainsi qu'on appelle le métal sur lequel agit la dissolution, ou qui, en réalité, agit sur le liquide). Tous les autres métaux, quelle que soit la dissolution acide dans laquelle on les met, sont électro-négatifs, état opposé à l'état électro-positif. Dans la table suivante, tout métal est électrisé positivement par rapport à tous ceux qui le suivent, et négativement par rapport à ceux qui le précèdent. Cette table ne comprend que les dissolutions acides, car elle varie avec presque toutes celles qu'on emploie.

Potassium	*Fer*	*Argent*
Barium	*Bismuth*	*Palladium*
Zinc	*Antimoine*	*Or*
Cadmium	*Plomb*	*Charbon*
Etain	*Cuivre*	*Platine.*

« Néanmoins cet ordre me paraît exiger de nouvelles expériences ; il me semble que dans cette recherche chaque métal devrait être employé dans un état très-divisé. Lorsqu'un métal qui agit légèrement sur un liquide (comme par exemple le cuivre) est mis en contact avec un autre métal qui a une plus grande affinité pour l'oxygène de ce liquide, ce dernier métal, qui est électro-positif, est dissous, et donne au premier une disposition électro-négative, état qui le rend impropre à agir sur le fluide, parce qu'il est préservé par lui. Sir H. Davy utilisa cette singulière propriété pour protéger le doublage en cuivre des navires. Il se servait à cet effet de pièces de zinc et de fer mises en contact avec le cuivre, sous la flottaison. Malheureusement, ce dernier métal, en perdant ses propriétés délétères, permit aux plantes et aux animaux marins de s'y accumuler en si grande quantité, que la marche du navire en fut notablement retardée. Dans les cas semblables, le zinc, à l'état de pureté, protége tous les métaux moins oxydables, même purs; mais si les métaux électrisés négativement sont recouverts d'une couche de charbon ou d'un métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène, l'action pourra être exercée sur eux. Le contraire de cette observation s'applique au métal électro-positif, tel que le zinc, car, lorsqu'il est pur, l'acide sulfurique n'exerce aucune action sur lui, jusqu'à ce qu'on le mette en contact avec quelque autre métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène. Cependant, si le zinc est allié à un métal électro-négatif, il y a non-seulement action de la part du fluide pour la production du courant galvanique, mais en outre on s'expose à beaucoup de frais par suite du métal qui sera attaqué en pure perte. Cette production additionnelle de courant se nomme *action locale*, et doit être évitée autant que possible. L'action locale provenant soit du zinc ou du métal négatif allié à un autre métal, doit être assimilée à une infinité de petites piles, dont l'action est tout à fait indépendante de celle de la grande, où l'hydrogène est entièrement dirigé vers le pôle négatif, et où, par conséquent, aucune action ne devient apparente au pôle positif.

« C'est pour cette raison que les métaux à l'état de pureté sont extrêmement difficiles à dissoudre, particulièrement si les acides sont également à l'état de pureté; tel est, par exemple, l'argent pur dans une dissolution d'acide nitrique pur, ou du zinc pur dans une dissolution d'acide sulfurique, parce qu'il n'y a pas de *pile locale* de différents métaux établis pour favoriser la dissolution. Une pile, lorsqu'elle est en action dans une dissolution acide, ne produit en apparence aucun changement du côté du métal électro-positif ou du zinc, si l'action locale est détruite, quoique, en effet, ce soit le zinc qui est dissous. Au contraire, le métal électro-négatif qui, en réalité, n'éprouve aucun changement, laisse apercevoir un dégagement abondant de gaz qui provient du transport de l'hydrogène au pôle négatif, tandis que l'oxygène est absorbé par le pôle positif ou le zinc.

« Ceci nous rapproche de la cause du courant voltaïque, car on trouve que la totalité de l'action sur le zinc est exactement proportionnelle à la quantité d'électricité produite; de là le zinc paraît être l'agent calorifique de la pile, et semble y tenir la même place que le charbon dans le feu. D'après ces faits et plusieurs autres, les docteurs Wollaston, Faraday, et, avec eux, le plus grand nombre des expérimentateurs contemporains, croient que l'action chimique de la dissolution acide sur le zinc, ou plutôt du zinc sur l'eau de la dissolution acide, est la source du courant électrique dans la pile voltaïque : c'est là ce qu'on nomme la *théorie chimique* de la pile. Les Allemands, et d'autres encore, suivant les traces de Volta, croient que l'action chimique est l'effet du courant électrique, et que le fluide est produit par le contact de deux métaux hétérogènes. Cette dernière opinion a reçu le nom de *théorie du contact*. En opposition à la théorie du contact, le docteur Faraday a décrit, dans les *Transactions philosophiques*, des faits curieux qui montrent que la communication d'une simple batterie excitée par de l'acide sulfurique étendu, ne s'établit à l'aide d'aucun métal, mais à l'aide d'un liquide capable d'être décomposé par l'action plus énergique de l'acide sulfurique étendu. Cet auteur trouva également que la dissolution d'iodure de potassium était la plus propre à mettre ce fait intéressant en évidence.

« Quelle que soit la théorie adoptée, la quantité d'électricité développée, toutes choses égales d'ailleurs, est exactement proportionnelle à la surface du métal négatif employé; ainsi, pourvu qu'il n'y ait pas quelque obstacle à vaincre, si la surface de ce métal est doublée, la quantité d'électricité sera également doublée. Cependant l'étendue de la surface du métal positif n'est pas, jusqu'à un certain point, d'une grande conséquence, quoique néanmoins son trop peu d'étendue soit une circonstance nuisible à l'opération.

« Une circonstance à laquelle on doit bien prendre garde, c'est qu'il faut que chaque point du métal négatif offre un point d'irradiation au métal positif, car chaque point qui n'est pas ainsi disposé est beaucoup moins actif, quelquefois même tout à fait sans action. Dans différents cas, cette particularité se montre d'une manière plus ou moins frappante; car si l'hydrogène est dégagé à l'état naissant, ce gaz, par l'action combinée de son adhésion et de son élasticité, se montre à une grande distance du métal positif, et tout à fait en dehors de la sphère de son irradiation; comme cela arrive lorsque la face postérieure de la plaque de métal est en action, tandis que l'autre est opposée au fluide. Quand on fait usage des métaux très-polis, le gaz passe également à une grande distance; mais quand un métal est préparé avec du platine, de la manière que j'indiquerai plus loin, le gaz ne s'échappe que d'une petite étendue, quoique avec force, quand on le met en contact avec un fil de zinc très-délié.

« Il y a une corrélation entre l'énergie du courant et la distance qui sépare les métaux électro-positif et négatif, car plus on les rapproche et plus on dégage d'électricité, quoique son intensité ne soit point influencée par la différence de leur arrangement.

« La fonction que remplit la dissolution acide a été expliquée en partie, car nous avons déjà dit que l'eau est décomposée, l'hydrogène se portant au métal négatif, tandis que l'oxygène se combine avec le zinc, pour former un oxyde de ce métal. C'est alors que commence l'action de l'acide, qui non-seulement donne un pouvoir conducteur très-considérable à la dissolution, mais s'empare de l'oxyde métallique pour former du sulfate de zinc. Quel que soit le liquide qu'on emploie pour charger la pile, son efficacité repose sur les mêmes principes; mais l'intensité varie avec chaque corps étranger qu'on introduit dans l'eau. Ainsi, les acides sulfurique et nitrique étendus, ou la dissolution d'un sel, impriment plus ou moins de puissance à la pile. Cependant une augmentation ou une diminution dans la proportion de ceux-ci n'influe pas sur l'intensité, quoique la quantité soit matériellement changée; car, si dix gouttes d'acide sulfurique sont placées dans un litre d'eau, l'intensité sera aussi considérable que si l'on employait un litre du même acide. Mais la quantité, dans le premier cas, serait infiniment moindre que dans le second. Une pile galvanique présente deux propriétés importantes : la quantité et l'intensité du fluide électrique; la quantité dépend du volume du métal négatif ou de la force de la dissolution, tandis que l'intensité provient de causes qui échappent à nos recherches; la quantité n'exige qu'une seule cellule, et ceci a été supposé dans toutes les expériences précédentes, car nous avons vu qu'il faut avoir deux métaux avec l'intervention d'un liquide. Ceux-ci restent dans l'inaction tant qu'ils ne sont point en contact; mais aussitôt que ce contact a lieu, soit dans le fluide

excitant, soit à travers un liquide d'une décomposition plus facile que le liquide excitant de la pile, l'action commence immédiatement. Le contact peut avoir lieu à l'aide d'un long fil métallique, et avec le même résultat. Dans ce cas, cependant, selon que le fil métallique sera long ou d'un petit diamètre, ou fait d'un métal doué de peu de conductibilité, on verra une diminution notable de quantité dans l'hydrogène dégagé du métal négatif, ce qui prouve qu'un obstacle se présente au fluide électrique; mais si l'on donne de l'intensité au fluide, alors l'hydrogène se dégagera avec autant de facilité qu'auparavant. Pour obtenir cette intensité, il faut recourir à un certain nombre de piles disposées en séries, ce qu'on obtient en faisant communiquer le zinc d'une pile avec l'argent d'une autre pile, en ayant soin de laisser libres le zinc et le cuivre qui en forment les extrémités. On peut ainsi unir une centaine de piles; mais la quantité du fluide ne sera pas augmentée, car il ne se forme qu'une quantité d'électricité égale à celle qu'on obtient quand on se sert d'une seule cellule. Dans ce cas, cependant, la même quantité peut traverser une plus grande résistance, car il semble qu'à chaque alternation de la pile le fluide électrique acquiert une nouvelle impulsion pour vaincre l'obstacle qui s'oppose à son passage, et c'est cette force qu'on nomme *intensité*.

« Ces deux propriétés sont très-difficiles à comprendre pour les commençants (1); mais, cependant, on peut s'en former une idée en comparant la quantité au piston qui imprime le mouvement au convoi d'un chemin de fer qui est mu à l'aide d'une seule machine sur un plan horizontal; mais que ce convoi rencontre un plan incliné ou un monticule, alors deux, trois, cent machines seront nécessaires pour le mettre en mouvement, et cependant le piston qui fait tourner les roues de la locomotive n'agira pas un plus grand nombre de fois, dans un temps donné, que si une seule machine avait été employée.

« Il n'y a aucun avantage, et même il y a consommation en pure perte, si l'on fait usage d'une pile d'une intensité plus grande qu'il est nécessaire pour vaincre une résistance donnée, que celle-ci soit produite par un fluide à décomposer ou par tout autre agent; car si dix cellules, disposées de manière à former une pile composée, sont suffisantes pour vaincre l'obstacle, l'effet de soixante cellules arrangées en six séries de dix chaque, serait six fois aussi fort que si une série de dix cellules seulement était employée, parce qu'elles formeraient alors une pile de six fois le même volume, mais de la même intensité qu'auparavant. Mais si le tout était employé comme une série composée, la décomposition qui en résulterait serait infiniment moindre que six fois la quantité; et, pour employer la pile avec avantage, il faut se graver ce fait dans la mémoire. En outre, si les surfaces sont augmentées avant qu'on ait obtenu une intensité suffisante, ce fait ne produira pas une puissance totale proportionnée. Une pile composée, ou formée de plusieurs cellules, dégage dans chaque compartiment la même quantité d'électricité, et, conséquemment, la même quantité de zinc est dissoute dans les deux cas : sous ce rapport, moins on emploiera de cellules pour vaincre l'obstacle, plus il y aura d'économie. Il est donc clair qu'aussitôt que, par l'accroissement des séries, on a obtenu une intensité suffisante pour vaincre partiellement la résistance, on devra chercher la quantité en augmentant la surface; car, si une seule cellule, ou une seule série, exige 500 grammes (1 livre) de zinc pour produire une quantité de travail donnée; lorsque ce même travail est obtenu plus vite à l'aide de douze cellules, 6 kilogrammes (12 livres) de zinc sont dissous, savoir : 500 grammes (1 livre) dans chaque cellule. Quelle que soit l'étendue des cellules, le résultat sera le même, car il n'y aura pas plus de zinc de dissous.

« La forme de pile composée la plus simple, est la *couronne des tasses*, qui est formée de disques alternatifs de zinc et de platine soudés ensemble; le zinc doit être placé dans un verre, le platine dans un autre verre, et la série ainsi arrangée peut être chargée avec de l'acide sulfurique étendu. Il faut avoir soin que le métal des paires alternatives ne soit point en contact dans le liquide. Lorsqu'on ne veut obtenir que l'intensité seulement, on doit employer un grand nombre de disques, comme dans la *colonne de Deluc*, qui est construite avec des disques de deux métaux séparés par des disques de papier. Il y a plusieurs méthodes pour construire ces piles : la plus commune de toutes consiste à placer alternativement des disques de papier argenté sur des disques semblables de zinc, en ayant soin que la série (c'est-à-dire la position relative du zinc) ait toujours la même direction. Cette espèce de pile peut aussi être faite de disques de papier dont une face est argentée ou dorée, et l'autre enduite d'une couche de miel et d'oxyde noir de manganèse; toutefois il faut éviter que le

(1) Il est très-important de bien se pénétrer de la différence qui existe entre la quantité et l'intensité du fluide galvanique. L'ignorance où l'on serait de ces deux qualités bien distinctes pourrait entraîner de graves erreurs, et l'on verra plus tard que tels et tels métaux ne peuvent être réduits à l'état métallique qu'en employant plus ou moins d'intensité. On verra plus loin, n°s 155 et suivants, qu'au moyen d'une intensité plus ou moins énergique, les métaux sont réduits à divers degrés, soit à l'état de poudre noire, soit à l'état cristallin, soit enfin à l'état métallique pur. Il y a plus, l'intensité du courant galvanique exerce une influence notable sur la qualité du métal réduit, qui se trouve tantôt malléable, tantôt sec et cassant, suivant les circonstances dans lesquelles sa réduction a été obtenue.

Nous dirons, pour nous résumer, que le mot d'intensité s'applique à l'énergie avec laquelle un courant galvanique, d'une force quelconque, traverse un milieu qui lui oppose de la résistance, tandis que la quantité exprime l'abondance de l'électricité produite.

manganèse ne soit exposé à l'action du soleil, car dans ce cas il devient inerte. Il faut aussi que le papier doré ou argenté ne soit pas recouvert d'un vernis comme celui qu'on trouve dans le commerce. 500 à 1,000 disques sont nécessaires pour construire un appareil qui produise quelque effet.

« Les plus fortes batteries qu'on employa pendant longtemps consistaient en cuivre et zinc, disposés de différentes manières, suivant le caprice de l'opérateur. Ainsi, le cuivre de chaque cellule entourait le zinc, et tous deux étaient disposés de manière à s'ajuster dans une auge en porcelaine ayant huit, dix cellules et même plus. Chaque cellule doit être considérée comme une pile distincte, quoique le cuivre et le zinc de la totalité de l'auge soient réunis. Cette disposition a été imaginée pour retirer d'un seul coup les couples de l'auge. Dans cette batterie composée, un diaphragme de porcelaine sépare chaque pile simple. Mais le docteur Hare découvrit qu'une série de couples pouvait être placée dans une seule auge, pourvu que les métaux de chaque couple ne plongeassent pas dans le liquide ; et que le métal électro-positif ne fournissait une puissance irradiante qu'au métal électro-négatif de la paire à laquelle il appartenait ; et de même aussi que le métal électro-négatif n'agissait d'une manière identique par rapport à aucun métal électro-positif. Cette forme de pile est très-peu connue en Angleterre, et n'est que rarement employée, je crois, dans les autres pays.

« Il y a une autre forme de pile qui a été inventée par Cruikshank, et qui consiste en plaques carrées de zinc et de cuivre soudées ensemble et fixées à des intervalles réguliers dans une auge en bois ; le zinc étant toujours dans une certaine direction dans cette pile, ce sont les métaux eux-mêmes dont la distance des uns aux autres forme les cellules. Il existe plusieurs autres formes de piles composées qui ne méritent pas ici une mention particulière, attendu que les principes qui ont été déjà établis les concernent toutes. Pourvu que les métaux soient suffisants pour conduire le courant, leur épaisseur n'exerce aucune influence sur la quantité d'électricité, car cette quantité dépend de la surface qui est offerte au liquide ; et, si les métaux sont trop minces pour conduire l'électricité, il s'ensuivra une diminution dans la quantité du courant produit, diminution semblable à celle qui a lieu lorsqu'on emploie les fils très-déliés : pour cette raison, de la poterie, couverte de platine, n'a pas pu être employée comme pôle négatif d'une pile de Grove, la couche de platine n'étant pas d'une épaisseur suffisante. Cependant, quelque mince que soit la surface du corps métallique bon conducteur qui a été employé, le courant le traversera graduellement, propriété d'une grande importance pour l'électrotypie.

« Les métaux étant bons conducteurs, et les oxydes métalliques non conducteurs, il est important que le métal négatif présente une surface parfaitement décapée, sans quoi ce métal serait complétement sans action ; c'est pourquoi, lorsqu'on emploie les piles de formes anciennes, le cuivre doit être nettoyé avec soin pour le débarrasser de l'oxyde qui le recouvre, avant de mettre la pile en action. Quand le métal est bien décapé avant de l'employer, cela ne l'empêche pas de perdre sa puissance très-vite et presque instantanément. Ce fait dépend principalement, si ce n'est pas tout à fait, de l'adhérence de l'hydrogène au métal négatif qui, par là, se revêt d'une couche de ce gaz qui est non conducteur, circonstance qui le rend sans action. L'état de la surface exerce une influence sur l'adhérence de ce gaz.

« Le lecteur peut, à l'aide de l'expérience suivante, se convaincre facilement de la vérité de cette assertion : qu'on plonge dans un gobelet contenant de l'acide sulfurique étendu une plaque de cuivre poli, et qu'on mette un fragment de zinc en contact avec le cuivre sous la surface du liquide, des bulles d'hydrogène ne tarderont pas à se montrer sur le cuivre, et le couvriront en peu d'instants. On remarquera que ces bulles, au lieu de s'élever à la surface et de crever dès leur dégagement, continueront d'adhérer au métal ; ceci dépend du principe appelé adhérence hétérogène, qui ne peut avoir lieu que lorsque la surface de deux corps se trouve en contact immédiat. Une surface polie de métal détermine l'adhérence du gaz, avec assez de force pour contre-balancer la tendance du fluide gazeux à s'élever vers la surface du liquide ; cette force doit avoir une grande énergie si l'on considère la différence de pesanteur spécifique de l'hydrogène et de l'eau. En rendant la surface rugueuse, à l'aide d'un gros papier de verre, on obvie jusqu'à un certain point à cet inconvénient, mais cependant on n'y remédie pas entièrement. Le moyen de vaincre cette adhérence sera exposé lorsque je décrirai ma batterie. Pour donner une idée de la quantité d'hydrogène qui adhère sur une surface métallique polie, je dirai que j'ai souvent vu le platine, le plus lourd de tous les corps, s'élever, par la force ascendante de l'hydrogène, jusqu'à la surface de l'eau après avoir été mis en contact avec le zinc. Les mêmes observations s'appliquent au métal positif ; car, lorsque le zinc, même impur, est poli, l'hydrogène y adhère avec tant de force, que presque aucune action n'aura lieu jusqu'à ce que la surface soit corrodée ; c'est alors qu'elle acquerra immédiatement une grande énergie. Il y a cependant un autre moyen de vaincre cette action locale : je ne l'ai pas indiqué plus tôt, parce que je crois que cette action dépend de ce qu'on facilite l'adhésion de l'hydrogène. Il consiste en un amalgame de zinc. En préparant une pile, cette précaution ne doit pas être négligée, d'autant plus qu'elle est très-économique, puisqu'elle n'exige qu'une très-petite quantité de mercure. Lorsqu'on y a recours, on doit agir sur la surface du zinc soit à l'aide d'un acide, soit en râclant la surface oxydée, puis on la frictionne avec du mercure métallique. N'ou-

blions pas à qui nous devons cette découverte, qui permet à elle seule de répandre dans les arts l'usage des batteries galvaniques. La postérité sera reconnaissante envers son inventeur, M. Kemp, que l'on serait d'autant plus disposé à oublier, qu'il n'appartenait point à la Société royale, et qu'il n'était point au nombre des professeurs officiels de Londres.

« Voici l'explication que j'ai essayé de donner de ce progrès important : le mercure enveloppe les petites parties de charbon et de métaux étrangers qui sont mêlés au métal, c'est pourquoi le premier gaz qui se dégage y adhère avec tant de force, que chaque point du métal en est recouvert, ce qui empêche toute action ultérieure; car, de tous les métaux connus, il n'y en a pas auquel l'hydrogène s'attache aussi fortement qu'au mercure. Voici une expérience qui prouve que l'absence d'action dépend de l'adhérence de l'hydrogène : si on met un amalgame de zinc dans de l'acide sulfurique étendu, il n'y aura pas de dégagement de gaz, mais l'amalgame se recouvrira de larges bulles; mais si on ajoute dans l'acide un peu de sulfate de cuivre, de nitrate d'argent, ou de nitro-hydrochlorate de platine, un changement instantané aura lieu, car l'hydrogène ne se dégagera pas, mais sera absorbé à l'état naissant pour réduire les oxydes de ces métaux.

« Aucune amélioration n'avait encore été faite dans la pile galvanique, telle que nous l'avons décrite. En effet, toutes les modifications n'avaient porté que sur le volume, la forme (telles sont les cellules plates et les cellules rondes) ou sur la disposition plus ou moins intérieure des métaux. Mais ces changements peuvent être à peine considérés comme un progrès. Enfin, le professeur Daniel dirigea son attention sur ce sujet et construisit une pile d'après des principes entièrement nouveaux. La batterie qu'il a préconisée présente de 203 à 609 millimètres (7 pouces 1/2 à 2 pieds) de haut sur 100 millimètres (3 pouces 1/2) de diamètre. Le récipient extérieur doit être en cuivre. On verse dans ce récipient une dissolution de sulfate de cuivre, au lieu d'acide étendu dont on se sert dans les autres batteries; mais si, dans cette circonstance, une plaque de zinc était plongée dans cette dissolution, et si le contact était opéré, le cuivre de la dissolution serait réduit et se déposerait sur le zinc aussi bien que sur le cylindre extérieur; et, de cette manière, la batterie cesserait d'avoir aucun effet. On vit donc qu'il était nécessaire d'enfermer le zinc dans un vase poreux, afin de le séparer du sulfate de cuivre; on y parvint au moyen d'un sac ou diaphragme de baudruche; c'est dans cette membrane, qui fait l'office de vase intérieur, qu'on met le zinc avec de l'acide sulfurique étendu. On a de cette manière un cylindre extérieur en cuivre contenant une dissolution de sulfate de cuivre, et une capacité intérieure contenant le zinc et l'acide étendu. Aussitôt que le contact a lieu, le zinc est dissous, le sulfate de zinc est retenu dans la partie intérieure du vase, et l'hydrogène, au lieu de se dégager au pôle négatif, réduit le cuivre de son sulfate

« Le vase intérieur peut être considéré comme désavantageux, en ce qu'il diminue la puissance de la pile : plus le vase est poreux et plus la quantité d'électricité qui se développe est grande. C'est dans ce but qu'on emploie de gros papier commun, de grosse toile, de la poterie poreuse, au lieu d'une membrane, d'une vessie ou d'un fragment d'intestin comme on le faisait précédemment. Le professeur Daniell emploie, comme métal positif, des baguettes de zinc qu'il amalgame; et comme un peu de cuivre passe toujours à travers les parois du vase poreux, cette opération doit être répétée chaque fois qu'on en fait usage. Dès qu'on s'est servi des tubes en poterie, on doit les plonger dans de l'eau et on les y laissera jusqu'à ce que le sulfate de cuivre soit dissous. Sans cette précaution, le sel, en se cristallisant, pourrait boucher les pores du vase et le faire éclater. Quelques expérimentateurs ont pensé que le zinc était trop éloigné du cuivre quand il en était à 50 millimètres (22 lignes) de distance; ils ont donc fait usage de cylindres d'un plus petit diamètre; quoique l'on obtienne une augmentation de puissance à l'aide de ce moyen, cependant son application présente plus d'inconvénients que l'emploi du procédé du docteur Daniell. Quand on fait usage de tubes poreux, de n'importe quelle espèce, toutes les fois que la réduction du métal a lieu, on doit éviter avec soin que les plaques de la batterie ne soient en contact avec le vase poreux; sans cela la réduction du métal s'effectuant, celui-ci se déposerait sur le vase, et, à la longue, une ligne de continuité s'étendrait de l'un à l'autre. Quelques personnes, dans l'unique but de se faire passer pour inventeurs, ont construit, sans aucun avantage, des batteries carrées, oblongues et de beaucoup d'autres formes, dans lesquelles il y a autant d'inconvénients que d'avantages. La batterie de Daniell se fait surtout remarquer par la constance de ses effets, c'est-à-dire qu'elle a la propriété de produire exactement la même quantité d'électricité pendant un long espace de temps; c'est pour cette raison qu'elle est d'une grande importance dans beaucoup d'expériences. Cependant, certaines précautions sont nécessaires pour obtenir de la constance dans ses effets; car, si on changeait le volume des fils métalliques employés pour établir la communication, si leur longueur était sensiblement diminuée ou augmentée, alors il y aurait variation dans la quantité d'électricité. La distance entre les pôles et le volume de ces derniers doivent rester les mêmes, et il faut aussi avoir soin que les tubes poreux soient de la même texture; car on doit se rappeler que si un seul tube en poterie d'une mauvaise construction était mis en usage dans une batterie à grande

surface, la quantité d'électricité en serait influencée.

« Plusieurs erreurs sont provenues de l'emploi du mot *constance:* on s'en sert souvent pour exprimer une action longtemps continuée, tandis que cette expression a ici un sens tout différent; car, une batterie peut être *constante* et ne rester en action qu'un court espace de temps; tandis qu'une batterie pourrait continuer d'agir pendant des années et n'être pas constante dans son action; la propriété d'une longue durée est cependant la plus utile (1). Les principaux inconvénients de cette batterie sont: 1° le temps nécessaire pour la mettre en action; 2° l'embarras et la dépense qui accompagnent l'emploi des tubes poreux; et enfin la nécessité d'amalgamer de nouveau les plaques à chaque instant.

« Le principal avantage que cette batterie possède sur toutes les précédentes, est le transport de l'hydrogène (au lieu de son dégagement) au vase négatif quand il est à l'état naissant, ce qui a lieu par la décomposition du sulfate de cuivre; voilà pourquoi cette batterie ne dégage pas de vapeurs. Pour tirer le plus grand avantage de la force de décomposition de cette pile, il est nécessaire d'employer une série de dix ou douze éléments. Une autre batterie construite sur les mêmes principes, quoique appliqués d'une manière différente, a été imaginée par M. Grove; il emploie le platine comme métal négatif, il verse dans la cellule intérieure de l'acide nitrique très-concentré, et il place dans la cellule extérieure, avec le zinc, de l'acide sulfurique ou hydrochlorique étendu. La forme que M. Grove préfère est une auge à plusieurs cellules, comme celle de Wollaston, qui contient dans son intérieur des tubes poreux plats, de la forme d'un parallélipipède; et comme le platine est un métal dispendieux, il a soin de mettre toute sa surface en action, en l'entourant complétement de zinc. Dans cette batterie, l'acide nitrique est décomposé par l'hydrogène, et il se dégage du deutoxyde de nitrogène, lequel se trouvant en contact avec l'air atmosphérique, est converti en acide nitreux. Cette batterie est remarquable à cause de sa force, une série de quatre couples étant suffisante pour opérer la plupart des décompositions.

« Une grande série laisse apercevoir un arc lumineux très-brillant; ce phénomène y est plus marqué que dans toutes les autres batteries. Cependant, malgré sa grande intensité, elle présente de graves inconvénients; car les vapeurs d'acide nitreux qui se dégagent pendant qu'elle est en action, sont dangereuses pour l'économie animale, et il y aurait de l'imprudence à s'y exposer sans que l'air circulât librement. Ces vapeurs nitreuses attaquent presque toutes les surfaces métalliques qui sont exposées à leur contact; c'est pourquoi cette batterie ne doit pas être employée dans un local où il y aurait des appareils en métal poli. L'acide nitrique, en outre, passe à travers les tubes poreux, et attaque fortement le zinc, indépendamment de celui qui est dissous pour engendrer l'électricité. Enfin, à tous ces inconvénients il faut ajouter l'embarras et les frais qui accompagnent l'emploi des tubes poreux.

« Nous avons vu jusqu'ici que la batterie de M. Grove est construite sur le même principe que celle proposée par le professeur Daniell; car dans toutes deux l'hydrogène est dégagé à l'aide de moyens chimiques: dans l'une, par l'acide nitrique, et, dans l'autre, par le sulfate de cuivre. Il existe plusieurs autres moyens pour obtenir les mêmes résultats; ainsi, on emploie le nitrate d'argent, les sels d'or, de palladium et de platine, et les autres acides oxygénés, tels que l'acide iodique, chlorique et bromique. J'ai essayé plusieurs autres moyens, mais je ne suis arrivé, jusqu'à présent, à aucun résultat nouveau, et je n'ai pas encore trouvé de disposition supérieure, pour l'intensité, à celle de M. Grove.

« En faisant une série d'expériences sur le ferro-cyanure de potassium, ayant eu plusieurs occasions d'employer la batterie galvanique, j'ai vu que, quoique les deux batteries précédemment décrites fussent des instruments admirablement construits, cependant il était à désirer qu'on pût en imaginer un dont la mise en action fût instantanée et accompagnée de beaucoup moins d'embarras. Je m'efforçai donc de construire une pile qui n'exigeât que peu de soins dans son emploi, et j'y parvins en imaginant la batterie chimico-mécanique.

« Après avoir étudié avec soin tous les caractères des métaux qui entrent dans la construction de ces sortes d'appareils, cette batterie fut établie sur la connaissance de la propriété que les surfaces rugueuses possèdent de dégager l'hydrogène, tandis que les surfaces polies favorisent son adhérence. Ainsi, quel que soit le métal qu'on emploie comme pôle négatif, il faut en rendre la surface rugueuse soit par l'emploi d'un acide concentré, l'acide sulfurique pour le fer, l'acide nitrique pour le cuivre ou l'argent; ou en frottant mécaniquement la surface avec du papier de verre. Par ces moyens, l'emploi des métaux est rendu beaucoup plus efficace; mais pour tirer le plus grand avantage de ce principe, je recouvre le platine, à l'aide du fluide galvanique, d'une poudre noire de platine finement divisée; c'est-à-dire que je dispose le platine comme le cuivre est disposé dans la batterie de Daniell; mais au lieu d'employer le sulfate de cuivre dans le vase extérieur, j'emploie une petite quantité de chlorure de platine; et

(1) Pour mieux faire comprendre ce qu'on doit entendre par la constance d'une pile électrique, servons-nous d'une comparaison: une bonne montre, lorsqu'elle aura été remontée, marchera avec une vitesse constamment égale, jusqu'à ce que son ressort, tout à fait détendu, l'oblige à s'arrêter. Telle doit être la constance d'une pile galvanique à effets continus. Elle doit fournir, jusqu'à son entier épuisement, une *quantité* et une *intensité* égales d'électricité.

alors, la poudre métallique est déposée d'une manière aussi efficace sur la plaque de platine préalablement frottée avec du papier de verre. Par le même moyen, cette poudre est déposée avec le même résultat sur le palladium, sur l'argent (attaqué par l'acide nitrique), sur les plaques de cuivre, sur toute espèce de fer et sur du charbon ; mais aucun autre métal n'a pu recevoir ce dépôt, l'argent est le métal le plus généralement employé, à cause de son prix peu élevé et parce qu'il ne subit aucune altération. Mais, quel que soit le métal qu'on adopte, le principe est le même, c'est-à-dire qu'on obtient une surface à laquelle l'hydrogène n'adhère pas, mais de laquelle ce gaz se dégage. La multitude de points que présentent les surfaces rugueuses paraît être la cause de cet excellent résultat. La préparation de l'argent est maintenant une branche à part dans le commerce, et les métaux recouverts de platine peuvent être achetés tout prêts à être employés. Le métal qu'on veut préparer doit être d'une épaisseur suffisante pour conduire le courant électrique, et doit être rendu rugueux soit avec du papier de verre, comme dans le cas où on emploie le platine ou le palladium, soit, si c'est de l'argent, en frottant avec un peu d'acide nitrique concentré jusqu'à ce qu'il acquière un aspect miroitant.

« L'argent est d'abord lavé et mis dans un vase avec de l'acide nitrique étendu, auquel on ajoute quelques gouttes de chlorure de platine. On place ensuite dans ce vase un tube poreux avec quelques gouttes d'acide sulfurique étendu, et dans ce tube on met le zinc. Le contact étant obtenu, le platine se déposera en peu d'instants à la surface de la plaque d'argent sous forme de poudre noire. L'opération est alors achevée, et le métal *platiné* est prêt pour l'usage. Le fer, ainsi préparé, est aussi bon que l'argent et lui sera quelquefois substitué avec avantage. Quand on emploie ce dernier métal, il suffit de le frotter avec un peu de chlorure de platine, et l'on verra de suite un dépôt de poudre noire se manifester. Le liquide qu'on emploie généralement pour charger cette batterie, est un mélange d'une partie d'acide sulfurique et de sept parties d'eau. Ce mélange présente assez de force pour n'importe quelle expérience. Quand on veut obtenir une plus grande intensité, il faut ajouter au mélange précédent quelques gouttes d'acide nitrique ; mais il ne faut pas mettre une trop grande quantité de ce dernier, sans cela, l'argent serait attaqué. Cependant, lorsqu'on se sert de platine pur, on peut mettre en usage l'acide nitrique, sans inconvénient. L'électro-métallurgiste trouvera avantageux d'employer une dissolution contenant seulement 1/16 d'acide sulfurique pur. On a fait de nombreuses recherches pour trouver la disposition la plus appropriée à l'emploi de cette batterie, mais cette disposition doit dépendre du but qu'on se propose. Les commençants pourront se contenter de l'auge à douze cellules de Wollaston, qui doit être construite de manière à employer à volonté toutes ou plusieurs des cellules indépendamment les unes des autres. L'argent, étant le métal le plus dispendieux, doit être complétement entouré de zinc, afin que tout l'argent soit mis en action. Lorsqu'on veut que la batterie continue d'agir pendant longtemps, par exemple des jours et même des semaines, on doit employer un vase suffisamment grand pour contenir une grande quantité d'acide étendu.

« Quand on veut employer une batterie pour la fabrication de quelque objet, il est bon, dans certains cas, de retirer le sulfate de zinc à mesure qu'il se forme, au moyen d'un tube qui le laisse écouler par le bas, tandis qu'on verse de temps en temps de nouvel acide par le haut, mais ceci n'est pas toujours nécessaire. Pour atteindre ce but, la batterie doit être construite de manière que les plaques de zinc puissent être facilement remplacées quand elles sont usées ; il y a plusieurs autres formes de batterie qu'on peut adopter, comme la batterie circulaire dont le zinc se trouve en dehors

« Ce qui caractérise ma batterie, c'est sa simplicité et la grande quantité d'électricité qu'elle produit; en outre, elle occasionne peu d'embarras dans son emploi. Le zinc exige rarement qu'on l'amalgame de nouveau, attendu que l'amalgame dure jusqu'à ce que le métal soit complétement dissous.

« Lorsqu'on fait usage de cette batterie, il faut avoir soin qu'aucune parcelle d'un sel de cuivre, de plomb ou d'autre métal, ne se trouve mélangée, par hasard ou par accident, au fluide excitant, car l'argent platinisé serait bientôt recouvert de ce métal. En un mot, il faut éviter de présenter au liquide toute autre surface que le platine réduit en poudre fine. L'ignorance de ces faits de la part de ceux qui employaient cette batterie, faisait que le métal négatif se recouvrait de cuivre, qui, en s'oxydant, rendait le platine inutile.

« Telle est la description des trois sortes de batteries en usage aujourd'hui. L'excellent appareil inventé par M. Daniell se fait remarquer par la constance de son action, celui de M Grove, par sa force; quant à ma batterie, ce qui la distingue, c'est la quantité d'électricité qu'elle développe et la simplicité de sa construction. Aucun de ces appareils ne peut être considéré comme parfait, car chacun d'eux manque de quelqu'une des qualités des autres; il faut espérer qu'on parviendra à réunir dans une seule batterie tous les avantages que présente chacun de ces systèmes séparément.

« Dans l'état actuel de la science, lequel des trois doit-on préférer ? Cela dépend de l'usage qu'on veut en faire, et l'expérimentateur est seul juge de cette question. Quant à moi, la batterie à éléments d'argent platiné a complétement répondu à mon attente; cependant elle a été trop louée par les uns et trop blâmée par les autres. D'abord, elle a été soumise à des expériences qui ne lui étaient point applicables; c'est ainsi qu'on

a voulu apprécier son intensité, tandis que la quantité est sa qualité distinctive. Malgré ces exagérations contradictoires, son utilité a été sanctionnée par l'expérience, et le public y a eu recours avec un empressement auquel j'étais loin de m'attendre. La raison qui fait préférer ma batterie, surtout dans l'industrie, est qu'elle n'offre pas de tubes poreux; qu'elle n'exige pas l'emploi d'acides concentrés, et qu'elle ne laisse point échapper d'émanations toxiques. Son action peut durer pendant deux, trois et même un plus grand nombre de jours, quand on a soin de la charger d'une suffisante quantité d'acide. Le zinc n'a souvent besoin d'être amalgamé qu'une seule fois; et il faut très-peu de temps pour mettre cette batterie en activité, ou pour l'y maintenir. Enfin les frais qu'elle exige sont très-minimes et proportionnés à la puissance qu'on veut obtenir. Voici un état approximatif des dépenses qu'exigent ces trois batteries. 1° Dans la mienne ces frais dépendent du zinc qui est dissous par l'acide: zinc + acide + une faible action locale. Dans la batterie à effets constants de Daniell, il y a zinc + acide + sulfate de cuivre + une forte action locale. Chaque cellule de cette dernière, pour fournir un résultat donné, coûte deux fois autant que la même force obtenue à l'aide de la mienne. Dans la batterie de Grove, il y a zinc + acide + acide nitrique réduit par l'hydrogène + acide nitrique combiné avec de l'ammoniaque qui s'est formé pendant l'action de la pile + une grande perte de zinc = à trois fois celle qui a lieu dans la mienne. »

Passons maintenant à la description de quelques-unes des piles le plus avantageusement employées: c'est toujours aux *Manuels Roret* que nous continuerons d'emprunter ces descriptions.

Des différentes piles galvaniques. — Depuis la découverte de la galvanoplastie, un grand nombre d'appareils ont été inventés pour la réduction des métaux; il faudrait un volume entier pour décrire toutes les modifications, toutes les dispositions plus ou moins ingénieuses, que chaque expérimentateur a apportées, suivant ses idées, aux piles galvaniques. Toutefois, malgré les formes si nombreuses et si variées de ces appareils, ils peuvent tous être classés sous deux grandes divisions: appareils simples, ou procédé immédiat, et appareils composés, ou procédé médiat. La plupart de ceux qui appartiennent à la première catégorie sont établis sur le même principe que la *pile de Daniell;* quant aux appareils composés, on en retrouve l'idée primitive dans l'une des *piles de Daniell, de Grove ou de Smee.*

Nous décrirons successivement les principaux appareils simples et composés; nous entrerons dans quelques détails sur la manière de les construire soi-même, et nous indiquerons les usages auxquels certains de ces appareils nous paraissent plus spécialement appropriés.

Appareils simples ou à effets directs. — Dans ces appareils, le courant galvanique est transmis directement du zinc au modèle qu'il s'agit de recouvrir: ils se composent d'un seul couple voltaïque dont le moule, qui est l'élément négatif, plonge dans la dissolution du métal à réduire, tandis que l'élément positif, qui est une lame de zinc amalgamé ou non amalgamé, plonge dans un diaphragme de nature poreuse, rempli d'eau acidulée. Ce diaphragme est placé lui-même dans la solution métallique dont il empêche le mélange avec le liquide excitant, et la communication entre les deux pôles est établie au moyen d'un simple fil métallique en contact avec chacun des éléments de la pile. C'est sur ces principes que sont établis les différents appareils simples que nous allons passer en revue; leur construction ne présentera aucune difficulté, et ils devront être préférés toutes les fois qu'il s'agira de revêtir des objets d'une couche peu épaisse de métal réduit, parce que, dans ces cas, l'opération n'a pas besoin d'être aussi prompte ni aussi prolongée. C'est encore avec ces appareils que les commençants devront faire leurs premiers essais de réduction des métaux. Toutefois nous devons signaler les inconvénients attachés à l'emploi des appareils à effet direct.

On reproche aux piles simples la lenteur de leur action, mais il sera facile de remédier, jusqu'à un certain point, à ce défaut, en employant des diaphragmes très-poreux et en élevant la température de la solution métallique sur laquelle on opère. En second lieu, les appareils à simple cellule sont sujets à un affaiblissement graduel du courant galvanique; leur action, vive au premier abord, diminue progressivement d'intensité, et finit par être à peu près nulle en très-peu de temps. Cet effet tient à deux causes: l'eau acidulée que l'on emploie pour charger la pile perd à chaque instant de son énergie, à mesure qu'elle agit sur le zinc, et le zinc, de son côté, se recouvre d'une couche épaisse d'oxyde qui le rend de plus en plus inattaquable au liquide excitant. Il sera donc nécessaire de ranimer de temps en temps la force de l'eau acidulée, en versant quelques gouttes de nouvel acide dans le diaphragme, et la surface du zinc devra être souvent débarrassée, au moyen d'une brosse un peu rude, de l'oxyde brun qui la recouvre. On pourrait aussi amalgamer le zinc, mais alors la pile perdrait un peu de son énergie. Un autre défaut des piles simples est la difficulté de maintenir toujours au même degré de saturation la solution métallique qui s'appauvrit peu à peu en métal à mesure que celui-ci se réduit. On n'a pas ici, comme dans les appareils composés, la ressource d'un anode soluble, qui, en se dissolvant, remplace dans le bain le métal réduit. Il faut alors avoir recours à de petits sachets de mousseline remplis de cristaux du sel métallique sur lequel on opère, et qu'on tient suspendus à la partie supérieure de la dissolution; on peut encore y faire plonger l'extrémité à jour d'une petite trémie

en verre ou en bois, que l'on remplit des mêmes cristaux.

On a signalé, dans l'emploi des piles simples, un dernier inconvénient beaucoup plus grave, en ce qu'il n'est pas possible d'y remédier, puisqu'il tient à la construction même de ces sortes d'appareils. Nous avons dit que pour donner aux piles simples une certaine énergie d'action, il était nécessaire d'employer des diaphragmes très-poreux. Or, cette extrême porosité facilite l'endosmose ou mélange des deux liquides de la pile ; la solution métallique traversant les parois du diaphragme pour aller se réduire sur le zinc, celui-ci se recouvre peu à peu d'une couche métallique et devient tout à fait inactif ; d'autres fois le métal se réduit sur les parois du diaphragme lui-même, et il en résulte une grande perte causée par la réduction inutile d'un métal souvent précieux. Cet effet est surtout sensible lorsqu'on emploie des diaphragmes en baudruche ou en vessie. Nous verrons plus loin (*col.* 825) l'expédient proposé par M. Becquerel pour parer à cet inconvénient ; mais ce moyen est malheureusement insuffisant, puisqu'on ne peut y recourir sans ôter à la pile une portion de son énergie.

Appareil très-simple de M. Solly. — Un des appareils les plus simples que l'on puisse employer est celui de M. Solly. Cette pile a été attribuée tour à tour à MM. Spencer et Solly, mais, selon nous, l'idée primitive de sa construction appartient à M. Aug. De la Rive. C'est en effet avec un appareil semblable que le savant professeur de Genève a fait ses premiers essais de dorure galvanique, qui, comme on sait, remontent aux premiers temps de la découverte de l'électro-métallurgie. Cette pile se compose d'un vase en verre ou en porcelaine, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle plonge un diaphragme en boyau de mouton ou autre membrane dont on forme une espèce de sac en le liant par le bas avec un fil ciré ou une corde à boyau. Ce diaphragme pourrait également être fait en plâtre, en terre poreuse, ou même avec un simple verre à quinquet dont on fermerait une des extrémités avec une membrane de vessie, de parchemin ou de baudruche, assujettie par quelques tours d'un fil ciré. Quelle que soit, au reste, la matière adoptée pour construire ce tube, on le maintiendra plongé verticalement dans la solution de cuivre, au moyen d'une petite traverse de bois dont les extrémités reposent sur les bords du vase. Ce diaphragme sera rempli d'acide sulfurique étendu d'environ 12 fois son poids d'eau, et l'on y plongera une lame de zinc amalgamé, également assujettie à la traverse de bois de manière à ce qu'elle ne touche pas au fond du tube.

Pile simple de M. Becquerel. — M. Becquerel, dont les savants et consciencieux travaux ont précédé et semblent même avoir préparé depuis longtemps la découverte de la galvanoplastie, a donné, dans ses *Eléments d'Electro-Chimie* (Firmin Didot, Paris 1843), la description d'un appareil fort simple, dont il se sert surtout pour dorer. Nous allons faire connaître cette pile, aussi simple qu'ingénieuse dans sa construction.

On prend un sac de toile à voiles que l'on remplit à moitié, ou aux deux tiers, d'une pâte demi-liquide de kaolin ou d'argile ordinaire, privée de calcaire. On introduit dans ce sac un diaphragme à minces parois en porcelaine dégourdie, de manière à ce qu'il se trouve de toutes parts environné d'une couche d'argile de 1 à 2 centimètres (5 à 10 lignes). Il faut éviter que l'argile ne dépasse le bord supérieur du diaphragme. C'est dans ce tube que l'on verse la solution d'or ou de tout autre métal qu'on veut réduire. On y plonge également l'objet à dorer ou à recouvrir de métal. A cet objet est fixé un fil métallique conducteur dont l'autre extrémité est soudée à une virole de zinc qui entoure le sac de toile à voiles à une distance de 2 à 3 centimètres (10 à 15 lignes). Ces dispositions faites, on plonge le tout dans un vase cylindrique de verre ou de faïence, rempli d'eau salée ou acidulée. Le courant galvanique s'établit immédiatement, et la réduction du métal s'opère au même instant. Ainsi qu'on vient de le voir, cette pile se rapproche beaucoup, par sa construction, de celle qui a été décrite au paragraphe précédent, mais elle en diffère sous un point essentiel. La couche d'argile qui revêt le diaphragme s'oppose pendant très-longtemps à l'endosmose ; la pile peut donc fonctionner pendant une plus longue durée, ce qui la rend bien préférable à la précédente.

Appareil de M. Spencer. — L'appareil de M. Spencer, que l'on a essayé de vendre à Paris sous le nom d'*électrotype breveté*, est assez commode lorsqu'on veut revêtir des objets d'une couche mince de cuivre, par exemple, pour métalliser des médailles, bas-reliefs, etc. Néanmoins, on a beaucoup trop vanté la prétendue supériorité de cet appareil, qui est sujet à tous les défauts des appareils simples : inconstance du courant, affaiblissement progressif de l'action, endosmose rapide, appauvrissement de la solution métallique. Nous verrons, en outre, que, par suite d'un vice de construction particulier à cette pile, on est obligé de plonger l'objet dans la solution métallique avant que le courant ne soit établi. Le même inconvénient se représente lorsqu'on veut retirer le moule de la solution pour consulter la marche de l'opération, ou pour toute autre cause. Ce défaut est très-grave et peut entraîner la perte du modèle, surtout lorsque la solution est de nature à agir sur lui.

Ce n'est pas tout encore ; la forme bizarre des différents vases qui entrent dans la construction de cette pile les rend très-difficiles à remplacer lorsque, par accident, ils viennent à être brisés. Par la même raison, il est impossible qu'un amateur puisse songer à entreprendre la construction d'un semblable appareil ; nous ne sommes donc pas surpris que cette disposition ait été,

adoptée, vantée et exploitée par les gens à brevets.

L'absence de planches dans ce Dictionnaire nous empêche d'entrer dans de plus grands détails sur la confection des divers appareils employés dans l'électro-métallurgie. Nous allons donner de suite quelques notions sur les appareils composés.

Des appareils composés. — Les piles composées sont ainsi appelées, parce qu'elles peuvent être réunies en séries, et former ainsi des batteries galvaniques dont on peut régler à volonté l'énergie, en augmentant le nombre d'éléments dont elles sont formées. Au moyen de cette disposition, il est toujours facile de proportionner le courant galvanique à la nature des décompositions qu'il s'agit d'opérer. Mais, outre cet avantage, les appareils composés en possèdent plusieurs autres qui les distinguent essentiellement des piles simples. C'est ainsi que la plupart des appareils composés sont à courant énergique et constant, les effets d'endosmose y sont beaucoup moins sensibles, et surtout moins nuisibles que dans les piles simples, parce que la réduction du métal a lieu dans un vase tout à fait séparé de la pile. Enfin, ce qui est bien plus important, la solution métallique peut toujours être entretenue au même degré de concentration, en faisant plonger dans l'auge à précipiter un électrode de même nature que le métal à réduire, communiquant avec le pôle négatif de la pile, et qui, en se dissolvant, remplace dans la solution le métal réduit. Ce dernier avantage suffirait seul pour faire préférer les appareils composés à tous les autres. Ils devront donc être adoptés par les expérimentateurs, aussitôt qu'ils auront acquis une connaissance suffisante des lois de l'électro-métallurgie, en se familiarisant d'abord avec le maniement des piles simples.

M. Smee a décrit avec assez d'étendue les trois principales piles composées, qui ont donné naissance à toutes les autres; toutefois, nous ajouterons quelques détails sur chacun de ces appareils, et nous signalerons les divers perfectionnements, les modifications ou les transformations qui y ont été apportés.

Des diverses piles à courant constant, par M. Ed. Becquerel. — A l'époque actuelle, où l'on cherche de toutes parts à appliquer les sciences physiques et chimiques, et par conséquent l'action des forces électriques, aux arts industriels, je pense qu'il peut être utile de présenter succinctement l'exposé de toutes les recherches qui ont été faites pour obtenir des piles dont l'action fût constante pendant un certain temps.

La pile, telle que l'a décrite Volta, les piles à auges, celles à la Wollaston, et en général les piles dans lesquelles les deux métaux qui composent le couple plongent dans le même liquide, donnent des résultats très-variables, même dans un court espace de temps. L'effet maximum se produit dans les premières minutes, mais bientôt il diminue rapidement, de sorte qu'en laissant continuer l'action, il est, au bout d'un certain temps, incomparablement plus faible qu'au commencement, à moins qu'on ne charge la pile avec des liquides peu conducteurs; alors la diminution de l'intensité est moins rapide, mais aussi le courant est beaucoup plus faible. C'est mon père qui m'a donné, le premier, les principes sur lesquels est fondée la construction de ces piles, et qui a formé les premières piles de ce genre d'après la méthode suivante.

Dans l'intérieur d'un vase en verre on dispose deux diaphragmes en baudruche, afin de former trois cases; ces diaphragmes sont appliqués sur les parois de la boîte avec tout le soin possible, afin que la communication d'une case à l'autre n'ait lieu que par l'intermédiaire de la baudruche, qui n'est là que pour retarder le mélange ou la combinaison des liquides contenus dans chacune des cases. A la rigueur, on peut ne mettre qu'un diaphragme, mais l'expérience prouve que deux sont nécessaires quand l'action doit durer longtemps. Le fond de cette boîte est ouvert seulement dans la partie située entre les deux diaphragmes, afin qu'en plongeant l'appareil dans un vase qui renferme le liquide conducteur, les liquides contenus dans chacune des cases externes ne se mêlent que difficilement. On plonge alors une lame de zinc et une lame de cuivre chacune dans une des cases externes; le maximum d'intensité s'obtient sensiblement quand le cuivre plonge dans une dissolution de nitrate de cuivre, et le zinc dans une dissolution de zinc; mais il y a aussi une diminution d'intensité avec le temps. Les expériences faites avec cette pile ont démontré que la condition indispensable pour la solution du problème des piles à courant constant consistait à faire plonger les lames dans des liquides différents. Ce problème, mon père l'a aussi résolu à l'aide de l'appareil nommé *chaîne simple à oxygène*, qui se compose de deux petits bocaux en verre, dont l'un renferme une solution de potasse caustique très-concentrée et l'autre de l'acide nitrique concentré; ces deux bocaux communiquent ensemble au moyen d'un tube recourbé rempli d'argile (kaolin exempt de carbonate de chaux), humectée d'une solution de sel marin. Dans le bocal où se trouve l'alcali, plonge une lame d'or ou de platine, et dans l'autre une lame de platine; si l'on met en communication ces deux lames au moyen de fils de platine, on a un courant assez énergique qui provient de la réaction de l'acide sur l'eau, le sel marin et la potasse; la lame plongée dans l'alcali prend l'électricité négative, et la lame plongée dans l'acide prend l'électricité positive. La meilleure disposition à donner à cet appareil est de terminer les deux extrémités du tube communicateur d'argile par deux tubes de platine qui servent de lames ou de pôles.

M. Daniell a construit une pile dont nous allons donner la description, et qui est à présent généralement employée. On prend un cylindre de cuivre ouvert à sa partie supérieure, et dont le fond est percé d'un trou;

sur ce fond est une portion de cylindre plus grande que l'ouverture sur laquelle s'attache fortement une portion d'intestin de bœuf, qu'on fixe par le haut. Cette portion d'intestin forme un cylindre creux dans lequel plonge un morceau de zinc amalgamé. Alors si l'on emploie différents couples, le cuivre, qui forme une des lames du couple, est mis en rapport avec le zinc d'un autre couple, et aussi le zinc avec le cuivre d'un autre couple. A l'ouverture inférieure se trouve un siphon recourbé, de telle sorte que si l'on ajoute du liquide dans le cylindre formé par l'intestin, il en coulera autant si l'intérieur du sac membraneux est déjà plein. M. Daniell emploie pour liquide de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, pour la case zinc, et une solution saturée de sulfate de cuivre pour l'extérieur du sac membraneux. Seulement l'eau acidulée tombe goutte à goutte dans la case zinc, et, à mesure qu'elle tombe, elle chasse par le siphon l'eau acidulée chargée de sulfate de zinc, qui est plus pesante et qui diminuerait l'action de la pile. Des morceaux de sulfate de cuivre, placés dans la solution de sulfate, saturent cette solution à mesure que le sulfate dissous se décompose. Les couples de M. Daniell avaient 162 millim. (6 pouces) de hauteur sur 95 millim. (3 pouces 1/2) de diamètre. Avec dix de ces couples, il obtenait 317 centimètres (16 pouces) cubes de gaz par quart d'heure; de plus l'intensité de l'action chimique restait sensiblement la même pendant plusieurs heures. Un désavantage de cette pile, comme d'autres analogues, est que la pile ne fonctionne pas quand la communication est interrompue; mais à peine est-elle établie, que le sulfate est décomposé, l'acide sulfurique se porte sur le zinc et concourt à produire le courant électrique; tandis que l'hydrogène de l'eau décomposée réduit le cuivre du sulfate sur la surface du cylindre. Le courant électrique provient donc de trois actions différentes: 1° de l'action des deux dissolutions l'une sur l'autre par l'intermédiaire de la membrane; 2° de l'action de l'eau acidulée sur le zinc; 3° de l'action de l'acide sulfurique du sulfate sur ce même métal.

Voici maintenant d'autres piles d'un usage plus facile que celle de M. Daniell, et dont l'action est constante pendant un temps plus long, mais dans lesquelles on emploie le zinc amalgamé. Ce zinc amalgamé possède la précieuse propriété de ne pas être attaqué par l'eau faiblement acidulée par l'acide sulfurique dans lequel il est plongé; mais vient-on à le toucher avec un fil de cuivre ou de platine, l'action devient très-vive, le zinc se dissout, et l'hydrogène se dégage sur le fil qui est le pôle négatif du couple voltaïque.

On a construit ainsi différentes piles en prenant pour métal négatif, du cuivre, du platine, etc., en ayant soin de séparer les deux métaux du couple à l'aide d'un diaphragme, condition indispensable à la constance du courant; mais il est moins coûteux d'employer du cuivre. Ce métal ne s'altère pas, pour ainsi dire; loin de là, il augmente plutôt de poids; car si l'on charge la case de cuivre avec du sulfate de ce métal, le cuivre du sulfate se réduit sur la lame de cuivre qui est le pôle négatif, et à la fin de l'expérience on l'enlève facilement. Au lieu de baudruche et d'intestin de bœuf, on peut employer une vessie, et mettre simplement, comme on le fait à Paris, un cylindre creux de cuivre, lesté de sable afin qu'il plonge dans le liquide, dans une poche formée par une vessie. Le tout est plongé dans un vase de verre, et entouré d'un cylindre creux de zinc ou plutôt de zinc amalgamé; la poche en vessie est remplie d'eau saturée de sulfate de cuivre, et des morceaux de sulfate sont placés à la partie supérieure du cylindre en baignant dans la solution, et la saturent continuellement à mesure que le sulfate est décomposé. Dans la case à zinc, c'est-à-dire dans le vase en terre, on met de l'eau salée saturée. On trouve plus d'avantage à employer l'eau salée que l'eau acidulée; l'action est plus lente, mais aussi elle est constante pendant plus longtemps.

En général, les meilleurs diaphragmes sont ceux qui, tout en étant très-perméables à l'action du courant électrique, ne laissent traverser que très-peu des liquides qui baignent leurs surfaces. De très-bons diaphragmes sont des cylindres en cuir tanné, mais non préparés avec des graisses, de 3 à 4 millim. (1 à 2 lignes) et plus d'épaisseur. On les fait bouillir dans de l'eau salée, et on ne les laisse pas sécher avant d'en faire usage. On peut employer avec égal succès, pour diaphragmes, des vases en porcelaine dégourdie, des cylindres creux en plâtre et des sacs en toile à voiles. Les premiers donnent une action très-énergique, mais le mélange des dissolutions se fait trop vite pour le but que l'on se propose. La terre de pipe présente le même résultat. Cette terre donne de même le maximum d'action quand on s'en sert comme diaphragme dans la pile inventée par M. Grove. Cette pile, qui est très-petite, parce que chaque couple n'a pas une dimension de 3 centim. (1 pouce 2 lignes), a pour diaphragmes des têtes de pipes en terre bouchées par en bas. Dans l'intérieur se trouve le zinc amalgamé, plongeant dans de l'eau salée; à l'extérieur, du platine plongeant dans de l'acide nitrique. Cette pile a une très grande énergie d'action, comparativement à sa grandeur, puisque, avec six de ces couples, on fait rougir un petit fil de platine et l'on décompose très-rapidement l'eau.

Le plâtre donne un bon résultat, mais il est attaqué avec le temps. Avec la toile à voiles à fils très-serrés, on forme des piles très-énergiques en employant toujours, comme ci-dessus, pour liquides, une dissolution de sulfate de cuivre du côté cuivre, et une dissolution de chlorure de sodium au côté zinc. On a aussi employé des planchettes de bois; l'intensité du courant est alors très-énergique, surtout avec des planchettes de sapin très-minces. Il faut, avant d'opérer sur le bois, le soumettre, dans des

chaudières à vapeur, à l'action de la vapeur d'eau, afin de lui enlever la sève et les matières résineuses qui pourraient retarder la marche du courant. On peut aussi former des piles à courant constant, de la manière suivante, en n'employant qu'un seul liquide conducteur : on prend un vase en terre poreuse, à demi cuite, mais assez cependant pour ne pas se délayer dans l'eau; on y verse l'amalgame liquide de zinc, et l'on plonge ce vase dans un bocal plein d'une solution saturée de sulfate de cuivre. Un fil de cuivre, qui plonge dans l'amalgame, communique l'électricité négative, tandis que l'électricité positive est communiquée par une lame de cuivre plongeant dans le sulfate du même métal. C'est ici la réaction seule de l'acide sulfurique du sulfate de zinc de l'amalgame qui produit le courant électrique. On peut encore imaginer d'autres dispositions, mais qui en réalité reviennent à celles que nous venons de décrire.

Au Muséum, il y a une pile qui agit avec une très-grande énergie pendant au moins six à sept heures. Chaque élément se compose d'une auge en cuivre de 35 centimètres (1 pied 1 pouce) de largeur, sur 40 centim. (1 pied 3 pouces) de hauteur et 5 centim. (1 pouce 10 lignes) d'épaisseur. De petites auges communiquent avec l'auge principale au moyen d'ouvertures pratiquées dans la paroi de celle-ci, et servent à mettre des morceaux de sulfate de cuivre qui saturent continuellement la solution de sulfate contenue dans cette auge, à mesure qu'elle est décomposée par le courant électrique; le métal positif est une plaque de zinc amalgamé, d'une dimension un peu plus petite que l'auge, afin qu'elle puisse entrer dans cette auge; un sac en toile à voiles dans lequel plonge la lame de zinc sert à séparer le zinc du cuivre; on emploie pour dissolution du côté du zinc de l'eau salée. Avec douze couples formés de cette manière et réunis en pile au moyen d'un châssis, on a des effets de décomposition chimique et d'incandescence très-énergiques. Je crois que pour l'art de la dorure sur métaux à l'aide de l'électricité, dans le cas où l'on ferait usage de piles voltaïques, comme l'on n'a pas besoin d'une très-grande force voltaïque, il faudrait construire une pile de quelques éléments ayant ses couples disposés à peu près comme le couple ci-dessus; seulement, les dimensions seraient plus petites; un décimètre (3 pouces 9 lignes), par exemple, de hauteur et de largeur, suffirait. Au lieu de toile à voiles, il serait bon d'employer du cuir peu épais, préparé comme nous l'avons indiqué plus haut; le cuir ne donnerait pas un courant aussi énergique qu'un diaphragme en toile à voiles, mais l'action serait constante pendant plus longtemps, peut-être pendant une journée entière.

Perfectionnements apportés à la pile de Daniell. — L'excellente pile de Daniell a été suffisamment décrite par M. Smee, et nous avons déjà fait connaître dans le paragraphe qui précède l'ingénieuse modification que M. Becquerel père a introduite dans la forme de cette pile. Il a eu surtout en vue de dégager une plus grande quantité d'électricité, en faisant réagir le liquide excitant sur les deux faces d'une lame de zinc. Nous n'insisterons pas davantage sur cette utile innovation. Occupons-nous maintenant de quelques autres améliorations, qui, sans toucher à la forme primitive de cette pile, n'en ont pas moins leur degré d'utilité, soit pour faciliter la manipulation de l'appareil, soit sous le rapport de l'économie. Nous placerons en première ligne une disposition également indiquée par M. Becquerel père, dans son important ouvrage intitulé : *Eléments d'Electro-Chimie*, que nous avons déjà cité.

« On prend pour diaphragme un cylindre en terre demi-cuite, que l'on remplit d'amalgame liquide de zinc, dans lequel on plonge une lame de platine soudée à un fil de même métal. Le cylindre est placé dans un bocal contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle est un cylindre de cuivre entourant le diaphragme. En fermant le circuit, la réaction du sulfate de cuivre sur l'amalgame donne naissance à un courant dont on utilise l'action. Le zinc consommé est remplacé par des morceaux de même métal, que l'on ajoute dans le cylindre qui contient le mercure. » Cette pile présente une grande analogie avec la *pile de débris*, qui sera décrite dans le présent article. Ainsi que cette dernière, elle offre l'avantage de pouvoir utiliser tous les résidus de zinc provenant d'expériences faites avec les autres piles.

Le docteur Philippe a remplacé le cylindre de cuivre de la pile de Daniell par un cylindre de fer-blanc que l'on revêt d'une couche cuivrée dans l'appareil lui-même. Il suffit, pour cela, de faire communiquer le zinc par un fil avec le cylindre de fer-blanc; et, en mettant la pile en action, il sera en peu de temps entièrement recouvert de cuivre. Pour réussir dans cette opération, il faut n'employer d'abord qu'un très-faible courant; on y parviendra en plongeant le zinc dans une eau renfermant seulement quelques grains de sel en dissolution. La solution métallique devra, au contraire, être saturée de cuivre. Le sulfate de cuivre nous paraît très-peu propre à remplir le but qu'on se propose dans cette opération, à cause de la réaction très-prononcée qui s'opère entre lui et le fer, même étamé. Une solution de cyanure de cuivre serait infiniment préférable dans ce cas.

Messieurs Walker et Smee ont indiqué un autre moyen encore plus économique de construire la pile de Daniell. Voici la description de ce procédé, emprunté à la traduction du docteur Fau :

« On met un peu de cire dans un vase cylindrique de faïence, contenant environ 1 litre 50 centilitres. On met ce vase auprès du feu, jusqu'à ce qu'il soit bien chaud et que la cire entre en fusion. On le tourne alors dans tous les sens, jusqu'à ce qu'une

couche mince de cire adhère à toutes les parois. Quand le vase est refroidi, on frotte, avec de la plombagine, toute la surface enduite de cire. Le vase est alors rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre dans laquelle on plonge un tube poreux contenant de l'eau acidulée et un morceau de zinc amalgamé. A ce morceau de zinc est soudé un fil de cuivre que l'on fait communiquer avec la surface du vase revêtue de plombagine. Le courant s'établit immédiatement, et, en quelques heures, l'intérieur du vase est entièrement recouvert d'une couche de cuivre. Il suffira, pour compléter ensuite l'appareil, d'ajuster sur le bord du vase un fil métallique replié, dont l'extrémité, soigneusement décapée, sera mise en contact avec le vase de cuivre obtenu. »

M. Ch. Chevalier a disposé, d'une manière très-commode, les conducteurs de la pile de Daniell. Deux tiges de cuivre sont soudées, l'une au zinc, l'autre au cuivre de la pile. Ces deux tiges sont percées, à leur extrémité supérieure, de trous qui donnent passage aux fils conducteurs; des vis de pression servent à assurer leur contact avec les éléments cuivre et zinc, et à les maintenir en place. Cette disposition est très-commode, et permet de modifier à volonté la distance des deux pôles, sans être jamais obligé de tordre les conducteurs.

Piles de M. Barratt. — Pour dorer ou argenter, M. Barratt se sert du plomb comme métal positif, et de charbon comme élément négatif. Les deux corps sont disposés par paires et en séries dans un vase de forme convenable, et la batterie est chargée avec du sel marin dissous dans trois fois son poids d'eau. Un électrode soluble, de même nature que le métal à réduire, est en contact avec le charbon et plonge dans l'auge à précipiter. L'action de cette pile est continue et régulière tant qu'il reste du sel dans la solution. Les produits de la batterie sont : du chlorure de plomb et de la soude caustique combinés à du carbonate de soude, produits dont la valeur est supérieure aux dépenses faites pour la précipitation du métal. M. Barratt a encore fait usage, pour la réduction des métaux, d'une autre pile, dont la construction est fort simple. Elle se compose de creusets en plombagine remplis d'eau, et dans lesquels est suspendu un morceau de zinc. Le creuset lui-même et le zinc sont plongés dans un vase plein d'eau. Les fils conducteurs sont établis à la manière ordinaire. En réunissant en séries 20 ou 30 de ces couples, on obtient une force suffisante pour dorer de fortes pièces.

Nouveau couple voltaïque et condensateur électro-chimique, par M. A. De la Rive, de Genève. — Quand on examine de près les résistances que le courant d'un seul couple doit surmonter pour traverser un circuit dans lequel on interpose un voltamètre (1) à électrodes de platine, on n'est pas surpris de la presque impossibilité qu'il éprouve à le traverser. En effet, dans un couple zinc amalgamé et platiné, plongé dans l'acide sulfurique étendu, le courant parti du zinc doit traverser le liquide du couple où il dépose de l'hydrogène; puis passer à travers le liquide du voltamètre en déposant également des gaz sur l'un et l'autre des électrodes de platine de ce voltamètre. La résistance se manifeste essentiellement dans les trois parties du circuit où le courant doit passer du liquide dans le platine, ou du platine dans le liquide. Il m'a paru que si l'on parvenait à diminuer au moins l'une de ces trois résistances, on aurait déjà beaucoup gagné, et que pour avoir la décomposition de l'eau complète au voltamètre, c'était la résistance qui a lieu au platine du couple qu'il fallait diminuer. M. Grove a déjà obtenu à cet égard un résultat important, en plongeant le platine, non dans de l'eau acidulée où le zinc est placé, mais dans l'acide nitrique à 40 degrés, qui est lui-même séparé de l'eau acidulée par un diaphragme poreux en porcelaine dégourdie. L'hydrogène dont le courant tend à recouvrir la surface du platine du couple est absorbé par l'acide nitrique ; la résistance est par conséquent beaucoup diminuée, et l'eau est légèrement décomposée au voltamètre. J'ai essayé de substituer à l'acide nitrique un peroxyde en poudre. J'y voyais deux avantages : le premier, de diminuer, comme avec l'acide nitrique, la résistance; le second, d'obtenir un courant par la réduction du peroxyde, courant dont la direction, semblable à celle du courant provenant de l'oxydation du zinc, augmenterait considérablement la puissance électro-chimique du couple. Il y avait en outre un avantage pratique dans la substitution d'un peroxyde à l'acide nitrique, c'était de n'avoir besoin que d'un liquide pour charger la pile. Mes essais ont porté sur le peroxyde de manganèse et sur le peroxyde de plomb; le second a une supériorité très-prononcée. Ce peroxyde, amené à l'état d'une poudre fine et sèche, est tassé avec soin dans une auge poreuse en porcelaine dégourdie ; une lame de platine est placée au milieu de l'auge, de façon qu'elle est complétement enveloppée de peroxyde; cette lame porte un appendice auquel est fixé un conducteur en cuivre. Le liquide dans lequel plongent l'auge poreuse remplie de peroxyde, et la lame de zinc amalgamé, peut être indifféremment ou de l'eau salée, ou de l'acide sulfurique étendu de plus ou moins d'eau.

Avec le peroxyde de manganèse, je n'ai obtenu que 2 centimètres (174 lignes) cubes de gaz par minute, et l'effet s'affaiblit assez vite. Avec le peroxyde de plomb, j'ai obtenu jusqu'à 10 centimètres (871 lignes) cubes de gaz par minute au même voltamètre, et l'effet ne cesse point, tout en s'affaiblis-

(1) M. De la Rive appelle ainsi, comme l'a proposé M. Faraday, un flacon rempli d'eau acidulée, dans lequel plongent deux fils ou lames de platine qui servent à transmettre le courant destiné à décomposer l'eau.

sant légèrement. Un moyen de lui rendre toute son énergie, c'est de changer la direction du courant dans le voltamètre; on détruit ainsi la polarisation des électrodes, qui est la cause de la diminution apparente d'intensité du courant.

Dans les mêmes circonstances, un couple de Grove ne donne naissance qu'à une décomposition à peine sensible; la différence est beaucoup moindre en ce qui concerne les effets calorifiques. Un couple de Grove a produit 425 degrés à une hélice de Bréguet; un couple parfaitement semblable, mais dans lequel l'acide nitrique était remplacé par le peroxyde de plomb, a produit 450 degrés. Différents essais comparatifs, faits avec un couple de Bunsen (zinc et charbon), avec un couple de Daniell, m'ont démontré la grande supériorité du couple au peroxyde de plomb, surtout pour les effets chimiques; les effets avec les autres couples sont ou nuls ou insensibles. La durée de l'action est considérable avec le couple de peroxyde de plomb, pourvu qu'on ait soin de polariser de temps à autre les électrodes. Ce couple est d'un usage commode, parce qu'il n'exige l'emploi que d'un seul liquide facile à se procurer, l'eau salée ou l'acide sulfurique étendu. Aussi j'estime qu'il pourra, tant sous ce rapport que sous le rapport économique, remplacer utilement les piles à plusieurs couples, toujours plus coûteuses et plus compliquées dans les applications de l'électricité à la dorure, à l'argenture, et aux arts métallurgiques en général; les essais que j'ai faits dans ce but ont été très-satisfaisants.

La supériorité des couples à peroxyde de plomb ne se soutient pas quand on en met plusieurs en série. Un seul couple donnait 14 degrés à un galvanomètre calorifique formé d'un fil de platine de 12 centimètres (4 pouces) de longueur, et de 1/2 millimètre (1/4 de ligne) de diamètre, que traversait le courant. Deux couples en série ont donné 18 degrés au même galvanomètre, et 24 centimètres (1 pouce 14 lig.) de gaz par minute. Deux couples de Grove ont donné, dans les mêmes circonstances, 19 degrés au galvanomètre calorifique, et 27 cent. (1 pouce 623 lig.) de gaz par minute. Mais, ce qu'il y a d'assez curieux, c'est qu'une pile formée d'un couple de Grove à l'acide nitrique, et d'un couple de peroxyde, a donné des effets supérieurs à ceux obtenus avec une pile de deux couples de Grove ou de deux couples de peroxyde de plomb. Elle a donné 24 degrés au galvanomètre calorifique, au lieu de 18 et 32 centim. (1,407 lig. et 1 pouce 1,054 lig.) cubes de gaz par minute au voltamètre, au lieu de 24 ou de 27. On obtient également un effet puissant en formant une pile d'un couple de peroxyde de plomb et d'un couple de Daniell à sulfate de cuivre. Une pile de trois couples de peroxyde de plomb donne 72 centimètres (3 pouces 1,088 lig.) cubes de gaz par minute; elle rougit le fil de platine du galvanomètre calorifique; enfin, elle donne une belle lumière avec les pointes de charbon. Mais employés en série, les couples de peroxyde de plomb n'ont pas un pouvoir bien constant; il s'opère un dépôt d'oxyde de zinc sur les parois des auges poreuses, qu'il faut de temps à autre enlever. Une lame de cuivre substituée à la lame de platine dans les couples à peroxyde de plomb ou de manganèse, les rend incapables de produire aucune action chimique, et affaiblit d'une manière très-prononcée leurs effets calorifiques.

On peut, au lieu d'employer le courant d'un second couple à augmenter l'effet chimique du premier, se servir du courant même d'un couple à augmenter sa propre intensité. Après diverses tentatives, j'ai réussi à réaliser cette conception au moyen d'un appareil fort simple, que je propose de nommer *condensateur électro-chimique*, ou *condensateur voltaïque*. Le principe de l'appareil consiste à employer le courant d'un couple à force constante, qui doit opérer la décomposition, à produire en même temps un courant d'induction, et à diriger ce courant d'induction à travers le couple lui-même, dans un sens tel, que son effet soit de nature à oxyder le zinc et à désoxyder le sulfate de cuivre ou l'acide nitrique. Ce courant produit ainsi sur le couple le même effet que celui que produirait le courant d'un autre couple. La disposition de l'appareil ne présente rien de compliqué : c'est un morceau de fer doux entouré d'un gros fil de métal recouvert de soie; le courant du couple traverse ce fil et aimante le morceau de fer; aussitôt une petite tige de cuivre mobile et munie d'un appendice de fer qui est attiré par le fer aimanté, est soulevée de manière à interrompre le circuit; il se développe alors dans le fil un courant d'induction qui traverse le couple, et qui, réuni à celui du couple lui-même qu'il a ainsi renforcé, traverse le voltamètre qui est resté dans le circuit, et décompose l'eau. Mais le fer doux n'étant plus aimanté, la tige de cuivre retombe, le circuit métallique est de nouveau formé, le fer est de nouveau aimanté, et le même effet se reproduit. Au moyen de cet appareil, un couple de Grove, qui ne décompose l'eau que très-légèrement, un couple de Daniell, qui ne la décompose pas sensiblement, deviennent capables de la décomposer avec une grande énergie. On peut obtenir jusqu'à 10 ou 15 centimètres (871 ou 1,306 lignes) cubes de gaz par minute. Un couple de peroxyde de plomb, qui donnait 9 centimètres (783 lignes) cubes de gaz par minute, donne immédiatement 18 centimètres (1,407 lignes) par l'interposition de l'appareil dans le circuit. Ce couple même donne également dans ce cas une forte lumière avec les pointes de charbon. Les gaz qui proviennent de la décomposition ne sont nullement mélangés par l'interposition, dans le circuit, du couple du condensateur voltaïque, le courant d'induction étant toujours dirigé dans le même sens que celui du couple. On peut recueillir séparément ces gaz avec la plus grande facilité, et on les trouve dans la proportion exacte qui

constitue l'eau. Aussi peut-on employer avec avantage cet appareil simple et peu coûteux dans les applications métallurgiques. Son interposition dans le circuit d'un couple produit le même effet que celui qui résulterait de l'addition d'un ou de plusieurs couples, sans occasionner la même dépense. J'ajouterai que pour que l'appareil condensateur marche bien, il faut que le fil de métal, recouvert de soie, qui entoure le morceau de fer doux, soit d'un fort diamètre et d'une longueur médiocre. Dans l'appareil dont je me suis servi, il y avait trois fils de cuivre de 1 millimètre (1/2 ligne) de diamètre, faisant chacun 100 tours, et réunis par leurs extrémités correspondantes, de façon à représenter un seul fil de 3 millimètres (1 ligne 1/2) faisant 100 tours.

Pile de M. Sorel. — Tout récemment, M. Sorel a fait connaître un appareil dont il s'est servi pour fixer le zinc sur le fer, et qui convient, à ce qu'il assure, également bien pour la galvanoplastie et pour produire la dorure galvanique, l'argenture, etc. Cet appareil est composé d'un vase en cuivre de la forme d'une casserole, au milieu duquel est placé, sur un pied isolé en bois ou en verre, un cylindre de zinc amalgamé. L'élément cuivre a, du côté du zinc, une surface au moins dix fois aussi grande que celle du zinc, et il y a même de l'avantage à augmenter dans une plus vaste proportion le vase en cuivre, pour qu'il renferme une plus grande quantité de liquide conducteur, ce qui fera que l'appareil fonctionnera plus longtemps avec une force constante. Le liquide conducteur, qui a paru préférable avec cet appareil, a été de l'eau aiguisée d'acide sulfurique à trois ou quatre degrés de l'aéromètre; ce liquide a l'avantage de peu salir le zinc, d'où il résulte que l'appareil marche longtemps sans qu'on soit obligé de nettoyer le zinc. La cause principale de la force constante de cet appareil, c'est que le zinc, en s'appauvrissant de mercure par l'action de l'acide, devient de plus en plus attaquable, ce qui compense l'affaiblissement de l'eau acidulée. Pour obtenir une grande tension, on réunit plusieurs de ces couples. Cet appareil, qui n'exige ni sacs ni diaphragmes, donne, avec le même nombre de couples, des effets plus puissants que la pile de Daniell, et précipite mieux les métaux.

Pile de débris. — Dans le but d'utiliser les nombreux fragments de zinc et les parcelles de mercure qui forment les résidus d'expériences faites avec les piles galvaniques, M. Smee a imaginé un appareil qu'il appelle *pile de débris*. Cette disposition, aussi économique qu'ingénieuse, a été seulement indiquée par M. Smee, et comme cette pile sera nécessairement adoptée par tous les amateurs, nous croyons devoir leur enseigner le moyen de la construire facilement eux-mêmes.

On met dans un vase de faïence ou de verre tous les fragments de zinc, et on les recouvre d'une couche de mercure. On fait plonger ensuite dans cet amalgame un fil d'argent contenu dans un tube de verre, de manière à ce qu'il soit complétement isolé de l'eau acidulée qui servira plus tard à remplir le vase et à charger la pile. Ce fil d'argent est soudé ou simplement mis en contact à l'aide d'une vis de pression, à son extrémité supérieure, avec le conducteur du modèle à recouvrir; d'un autre côté, une plaque d'argent platinisé est suspendue dans le vase le plus près possible du mercure, mais sans y toucher. Un fil conducteur réunit cette plaque d'argent à l'électrode solide qui plonge en face du modèle, dans la cuve à décomposition. Lorsqu'on veut mettre la pile en action, il suffit de remplir le vase avec de l'acide sulfurique étendu de cinq à six fois son poids d'eau; aussitôt le courant commence, et la réduction du métal s'opère. Ainsi qu'on le voit, la construction si facile de cet appareil repose sur les mêmes principes que ceux de la pile de Smee. On doit donc les diriger de la même manière que cette dernière, et l'on obtiendra les mêmes résultats. Plusieurs de ces piles peuvent aussi être disposées en série, absolument comme les couples de Smee.

Pile de Bunsen. — On a importé récemment, en France, une nouvelle pile galvanique inventée par M. Bunsen, professeur à l'université de Marbourg. Cet instrument a été l'objet d'un engouement exagéré de la part des uns, et d'une critique trop sévère de la part des autres; nous tâcherons d'apprécier à leur juste valeur ses qualités et ses défauts.

La pile de Bunsen, découverte par son auteur en 1841, n'a été connue en France qu'un an plus tard par une communication de M. Reiset à l'Académie des sciences. Elle est établie sur les mêmes principes que la pile de Grove appelée aussi batterie à acide nitrique. Elle diffère seulement de cette dernière, en ce que l'élément de platine est remplacé par un cylindre de charbon, substance dont M. Chevreuse a signalé dès longtemps la faculté conductrice et l'inaltérabilité au contact des acides.

M. Lerebours nous a paru être celui qui a le mieux compris et le mieux exécuté la pile de Bunsen.

On charge la pile en remplissant à moitié le bocal d'acide nitrique du commerce étendu de son volume d'eau, et le diaphragme d'eau acidulée très-faiblement par l'acide sulfurique. La pile de Bunsen est d'un prix peu élevé et présente une grande énergie d'action sous un petit volume; sous ce double rapport, elle pourra être adoptée par un grand nombre d'expérimentateurs, encore bien qu'ils ne puissent pas la construire eux-mêmes à cause de la difficulté que présente la confection des cylindres de charbon. Sous le rapport de son intensité, M. Bunsen a constaté qu'elle est à peine inférieure à celle d'une pile de Grove de même dimension; un seul couple suffit pour fondre un fil de fer mince, et peut servir aux expériences de galvanoplastie, de dorure, etc., avec deux éléments on opère la décomposition de l'eau. Enfin, 40 éléments produisent

tous les effets qu'on obtient avec une pile de Faraday, d'un nombre d'éléments beaucoup plus considérable.

Mais à côté de ces avantages incontestables, il existe plusieurs inconvénients qui se présentent tout d'abord à l'esprit et qui ont été signalés par M. Becquerel, autorité grave en pareille matière. En premier lieu, la pile est chargée avec de l'acide nitrique pur ou peu étendu, et il en résulte un dégagement abondant de vapeurs nitreuses et délétères, qui peuvent agir d'une manière nuisible sur l'économie, et qui attaquent tous les objets métalliques situés dans le laboratoire. A cette objection, M. Reiset répond que, par une immersion préalable des cylindres de charbon dans l'acide nitrique, on les débarrasse des sulfures qu'ils pourraient contenir, en sorte qu'on n'a plus à craindre aucun effet délétère des vapeurs dégagées, et qu'il n'en résulte même aucune sensation désagréable. D'ailleurs, ajoute M. Reiset, dans la plupart des applications industrielles, l'acide nitrique de la pile peut, sans inconvénient, être très-étendu, en sorte que la production de gaz nitreux est à peine appréciable. M. Becquerel a encore signalé un inconvénient grave dans l'emploi de la pile de Bunsen. Le diaphragme en terre poreuse qui sépare les deux liquides ne forme pas un obstacle assez puissant à leur mélange réciproque ; bientôt des effets d'endosmose se font sentir ; le courant cesse alors d'être constant, et finit même par s'arrêter tout à coup. Nous avouons qu'il nous paraît plus difficile de remédier à ce dernier défaut, qui, du reste, est commun à presque tous les appareils composés que nous avons décrits. Malgré tout, la pile de Bunsen est d'une manipulation facile, et nous la croyons appelée à un grand succès.

Nous avons dit que peu d'amateurs seraient tentés d'entreprendre la construction de cet appareil, néanmoins, en faveur de ceux qui voudraient en faire l'essai, nous donnons ici, d'après M. Reiset, la manière de confectionner les cylindres de charbon qui forment un des éléments de la pile.

Fabrication des cylindres de charbon pour les piles de Bunsen. — On prépare un mélange intime et en poudre impalpable de 1 partie (en poids) de houille grasse et de 2 parties de coke ; les proportions varient suivant la qualité de la houille, dont on augmente la quantité lorsqu'elle n'est pas assez grasse pour donner des charbons qui se mouillent bien. Le mélange est introduit dans un moule cylindrique de tôle au centre duquel on place un petit cylindre de bois ou de carton, afin de ménager dans le charbon une cavité intérieure et faciliter le dégagement des gaz pendant la calcination. Ainsi rempli du mélange de charbon et de coke, le moule est fermé au moyen d'un couvercle mobile bien assujetti et luté exactement. On le chauffe ensuite progressivement jusqu'au rouge. On prolonge cette calcination jusqu'à ce que tout dégagement de gaz ait cessé. Cette opération terminée, le charbon est retiré du moule ; il peut alors se prêter au travail de la lime et de la scie, sans se briser ; il pourrait même recevoir sur le tour la forme convenable.

Toutefois, avant de procéder à cette dernière opération, et pour donner plus de cohésion aux cylindres de charbon, il est indispensable de les tremper à plusieurs reprises dans une solution concentrée de mélasse, de les faire sécher, et de les soumettre à une nouvelle calcination aussi intense que possible. Plusieurs cylindres peuvent subir ensemble cette dernière cuisson, en les renfermant dans un grand creuset de terre ou de fer, muni d'un couvercle bien luté, après avoir eu soin de remplir tous les interstices avec du coke pulvérisé, pour prévenir tout contact de l'air. Il ne faut pas s'attendre à réussir du premier coup dans cette fabrication. Toutefois, si le mélange des charbons a été fait avec un soin judicieux, si le même soin a présidé aux différentes calcinations, on peut être assuré d'obtenir des cylindres durs, cohérents, sonores et excellents conducteurs de l'électricité (1).

Mode simplifié d'emploi du charbon dans les appareils galvaniques. — On sait que M. Bunsen a été le premier qui ait fait connaître l'appareil au charbon minéral pour la production d'un courant électrique puissant et constant, mais cet appareil est encore dispendieux et exposé à des détériorations promptes. Lorsqu'on s'occupe de le monter, l'expérience a démontré également qu'il arrive souvent qu'on ne réussit pas. Les appareils avec le platine sont moins faciles à rompre, mais le métal en feuilles est mou et sans raideur, et le défaut qu'on reproche à ces appareils, c'est la quantité considérable d'acide azotique qu'ils exigent, la consommation considérable qu'ils font en zinc et la cessation du courant au bout de huit à dix heures d'action, parce qu'il se forme du sulfate ou vitriol de zinc qui se dépose sur le cylindre de même métal et s'oppose au développement de l'électricité.

M. H. Reinsch, pour monter un appareil, n'emploie que de la poudre grossière de coke dont il remplit une capsule en terre et qu'il humecte avec de l'eau forte ordinaire, jusqu'à ce qu'elle en soit complétement mouillée. Dans cette poudre acidifiée de coke il plante un morceau ou petit cylindre aussi en coke, à l'extrémité duquel est enroulé un fil de cuivre. L'action est vraiment extraordinaire. Le cylindre de décharge d'une machine électromagnétique, d'après le modèle de M. Desaga, ne peut plus être tenu avec les mains sèches, et une capsule ou cellule de ce genre présente encore, après trois jours d'activité, la même intensité qu'au commencement. Comme la poudre de coke ne coûte pour ainsi dire rien et peut continuellement resservir, puisque, après que l'acide s'est peu à peu affaibli, il suffit de la

(1) Quelques personnes ajoutent au mélange des charbons 2 parties de farine de seigle.

faire sécher à l'air, puis de l'humecter de nouveau avec de l'eau-forte et qu'on produit ainsi un courant parfaitement constant, on voit qu'on offre ainsi aux galvanoplastes des avantages immenses; que les frais pour développer l'action électrique se trouvent réduits à leur minimum, et que lorsque l'application du magnétisme comme force motrice pourra enfin etre réalisée, l'observation précieuse de M. Reinsch jouera certainement un rôle important.

Nouvelle pile du prince Bagration. — M. Jacoby a publié récemment la description d'une pile de construction entièrement nouvelle, qui, selon lui, l'emporte de beaucoup sur toutes celles qui ont été imaginées jusqu'à ce jour, et par la constance de ses effets, et par son extrême simplicité, et surtout par le peu de soin qu'exige sa manipulation. Cette pile, dont l'invention est due au prince Bagration, nous paraît de nature à opérer une révolution complète dans l'art de réduire les métaux, et nous ne doutons pas que son usage ne soit bientôt universellement adopté, car elle paraît complétement exempte des difficultés et des embarras attachés à l'emploi des autres appareils. En effet, avec la nouvelle pile on n'a plus à s'occuper du liquide excitant, objet d'une surveillance et d'un renouvellement continuels, si on veut le maintenir toujours au même degré de force. Par la même raison, les diaphragmes poreux, sources ordinaires d'un endosmose inévitable, sont complétement supprimés. En un mot, d'après les expériences de M. Jacoby, la pile Bagration peut fonctionner pendant six semaines et plus, avec une constante régularité, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter le moindre changement.

Voici la manière de construire cette pile, tellement simple qu'elle pourra être établie dans toutes les localités et par la personne la plus étrangère aux manipulations chimiques : On prend un pot à fleurs ou tout autre vase imperméable à l'eau. On le remplit de terre saturée d'une dissolution assez concentrée de chlorure d'ammoniaque ou de sel ammoniac. On y place ensuite, à quelque distance l'une de l'autre, une plaque de cuivre et une plaque de zinc. On obtiendra ainsi un couple voltaïque, dont l'action pourra se maintenir constante pendant des mois entiers et même des années, pourvu qu'on ait soin d'humecter de temps en temps la terre, et de renouveler la plaque de zinc, lorsque par un long usage, elle sera presque entièrement dissoute. — Avant de mettre la plaque de cuivre dans la terre, il est bon de la plonger pendant quelques minutes dans une solution de sel ammoniac, et de la laisser sécher jusqu'à ce qu'une oxydation prononcée se manifeste à sa superficie. Il ne faut pas placer les deux plaques trop près l'une de l'autre ; elles ne doivent pas non plus être trop petites, afin de pouvoir vaincre la résistance que la terre oppose au passage du courant.

Plusieurs éléments de cette pile peuvent être réunis en séries au moyen de conducteurs convenables. Elle devient alors susceptible d'un grand nombre d'applications, surtout dans les cas où l'on recherche moins des effets énergiques qu'une action constante, régulière et prolongée, par exemple lorsqu'il s'agit de réduire les métaux à l'état très-malléable. La batterie dont s'est servi M. Jacoby se composait de 24 éléments ; il recommande d'isoler avec soin les vases qui contiennent chaque couple.

Voici maintenant la théorie que M. Jacoby a essayé de donner de cette nouvelle pile, sans toutefois en garantir l'exactitude et la précision : Suivant lui, « la constance d'action provient de ce que l'hydrogène qui devait se développer à la surface du cuivre est employé à réduire la couche du double sel de ce métal, qui se forme par l'action chimique du sel ammoniac sur le cuivre, de telle sorte que la constance d'action pourrait être comme l'expression d'une espèce d'équilibre entre cette action chimique et la réaction galvanique. La terre ferait ici l'office d'un diaphragme poreux qui empêcherait le sel de zinc d'aller se réduire sur le cuivre par l'action du courant, et qui s'opposerait en même temps à ce que le zinc pût réagir chimiquement sur le sel de cuivre. Il n'est pas impossible non plus que la terre, comme tout corps poreux, absorbe les bulles d'hydrogène qui, dans les piles ordinaires, recouvrent l'élément négatif, et diminuent ainsi la force électrique. »

Sans nous attacher à discuter le mérite de cette théorie, nous recommandons vivement à tous les expérimentateurs l'emploi de la pile Bagration. Chacun peut facilement en faire l'essai, et de ces essais multipliés il doit résulter nécessairement des perfectionnements nombreux, qui contribueront à l'avancement de la science.

Pile de Wollaston. — De tous les appareils galvaniques, le moins dispendieux est l'ancienne pile de Wollaston, à éléments de cuivre et de zinc, disposés de manière à ce que le cuivre entoure le zinc. Dans cette construction, l'auge qui renferme le liquide excitateur est séparée en autant de cellules qu'il y a de couples zinc et cuivre ; et, pour établir le courant ou en suspendre l'action, il suffit de les plonger dans cette auge ou de les en retirer. Mais, excitée comme elle l'est ordinairement, soit avec le chlorure de sodium, soit avec l'acide sulfurique ou avec l'acide nitrique, elle présente l'inconvénient grave de ne point avoir un courant constant, et de ne pouvoir même fonctionner qu'autant que les éléments en sont fréquemment nettoyés. Aussi son usage est-il à peu près abandonné pour les opérations de la galvanoplastie. Peut-être n'est-il pas sans intérêt de faire connaître qu'on peut en obtenir un excellent service, et en rendre le courant parfaitement constant, en l'excitant avec une solution suffisamment concentrée de sulfate de zinc, à laquelle on ajoute un peu de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique. Ainsi disposée, cette pile marche avec

la même intensité pendant plusieurs jours de suite, et non-seulement n'a pas besoin d'être nettoyée, mais plus elle sert, plus sa marche devient régulière, la solution de zinc se concentrant de plus en plus aux dépens des éléments qui la composent. Lorsque le courant commence à diminuer, il suffit d'ajouter de nouveau une petite quantité de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique. On peut ainsi user cette pile jusqu'à la fin sans renouveler le liquide excitateur.

Nouvelle batterie par le prince de Leuchtemberg. — Dans une des dernières séances de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg, S. A. I. le duc de Leuchtemberg, qui, comme on sait, s'occupe avec habileté de galvanoplastie, a communiqué à ce corps savant la note suivante :

« J'ai fondé, il y a quelques mois, à Saint-Pétersbourg, un établissement dans lequel on reproduit toute espèce d'objets par voie galvanoplastique. Le but de cet établissement a été de faire, dans sa patrie originelle, une application en grand de la galvanoplastie, qui a pris naissance en Russie, avec tous les progrès qu'elle a faits depuis qu'elle est née et de l'amener au plus haut degré de perfection artistique et industrielle. A la suite d'expériences très-nombreuses qui ont été entreprises, et de travaux multipliés, je n'ai pas tardé à m'apercevoir que les procédés en usage jusqu'à présent, et qui réussissaient si parfaitement avec les petits objets, ne donnaient pas des résultats aussi satisfaisants avec ceux d'un gros volume. J'ai donc été obligé d'introduire, à titre d'essai, quelques modifications aux procédés actuellement connus.

« En effet, quand on fait usage d'une pile de Daniell, on est sujet à éprouver quelques mécomptes, et afin d'obtenir des produits irréprochables, j'ai cherché à remplacer le zinc par le fer, et j'ai augmenté la surface de ce métal, aussi bien que la force de l'acide. J'ai réussi à souhait dès les premières tentatives, et, aujourd'hui, ces batteries au fer sont appliquées en grand avec succès. Le sulfate de fer, qui forme le résidu, est même placé avantageusement. J'ai essayé aussi la batterie coke et zinc (pile de Bunsen); mais cette batterie présentait à mes yeux des défauts que j'ai cherché à écarter. Les gaz qui se dégagent de l'acide nitrique sont très-désagréables à respirer, et même doivent, quand on travaille sur une grande échelle, nuire à la santé de l'opérateur et des ouvriers. D'ailleurs, une analyse a démontré que le sulfate de fer renfermait ainsi une quantité assez notable d'acide nitrique, qui rendait difficiles les applications de ce produit, ou nécessitait un traitement particulier des liqueurs. L'idée me vint alors d'abandonner entièrement l'acide nitrique et de ne me servir que d'acide sulfurique. Il en est résulté une nouvelle batterie, c'est-à-dire une batterie coke et fer à un seul liquide excitateur. J'ai mis cette batterie à l'épreuve avec deux couples seulement, et j'ai obtenu une déviation de 28° à l'aiguille aimantée, et de 17° après vingt-quatre heures.

« Dans les expériences indiquées ici, la quantité et la force de la liqueur qui baignait le métal positif, ainsi que la surface des éléments, ont été absolument les mêmes. Toutefois j'ai voulu encore accroître la force de cette batterie, et je l'ai montée, en conséquence, à trois couples, l'acide du coke marquant 27°, et celui du fer 10° à l'aréomètre de Baumé. L'aiguille a dévié jusqu'à 50°, et un objet s'est doré en un clin d'œil, dans la véritable acception du mot. Cette batterie, qui manque de force, mais que j'espère perfectionner sous ce rapport, a, sur toutes celles en usage jusqu'à ce jour, le grand avantage que son entretien n'occasionne presque aucun frais, puisque l'acide sulfurique et le fer fournissent un produit qui couvre suffisamment leur propre dépense, et que le coke a toujours sa valeur comme combustible.

« Je me propose d'entreprendre des expériences rigoureuses sur toutes les batteries connues; seulement je ferai remarquer que ces expériences auront plutôt un but technico-pratique qu'une tendance purement scientifique. »

Nouvelle pile voltaïque à courant constant. — M. Fabre de Lagrange a trouvé le moyen de rendre tout à fait constant et invariable, et même pendant des semaines et des mois, le courant de la pile voltaïque, de quelques métaux que soient formées les *électrodes*, qu'ils soient mis en communication par deux liquides, comme dans la combinaison de Bunsen, ou par un seul liquide comme dans la combinaison de Volta. Cette continuité de l'action électrique s'obtient comme on obtient la continuité de l'action calorifique d'un fourneau, garni en bas d'une grille pour laisser tomber les cendres, et qu'on alimente continuellement par en haut de combustible.

Le moyen qu'emploie M. de Lagrange est simple et remplit toutes les conditions qui peuvent le rendre industriellement praticable; au lieu d'augmenter la dépense, il la diminue. Envisageons d'abord la disposition d'un seul couple à un seul liquide. Soit un vase percé d'un trou au milieu du fond, comme un pot à fleurs; dans ce vase un diaphragme cylindrique en toile à voiles un peu moins élevé, ayant le même axe, et fixé à la partie inférieure au moyen d'un mastic. Dans le diaphragme est un crayon de charbon de cornue très-dense, entouré de petits grains de ce même charbon, et autour du diaphragme, un cylindre de zinc amalgamé et de l'eau acidulée qui a été fournie goutte à goutte par un réservoir supérieur. Joignons maintenant les deux pôles par un fil conducteur, et voyons ce qui se passe dans l'intérieur de l'appareil. L'eau acidulée qui continue d'arriver goutte à goutte se déversera d'une part, par-dessus le bord du diaphragme de toile sur les charbons, qui seront ainsi constamment lavés par le mouvement du liquide sans être inondés, en sorte

que la polarisation sera suspendue et que les bulles d'hydrogène se dégageront librement par les interstices des grains ; d'autre part, les couches inférieures d'eau acidulée, par l'effet de la pression qu'elles supportent, filtreront lentement à travers la toile, ce que ne feront pas notablement les couches supérieures et moyennes. Or, ces couches inférieures sont précisément celles qui contiennent le sulfate de zinc qu'il s'agit d'éliminer. Le résultat est un courant électrique tout à fait constant jusqu'à l'entière disparition du zinc, obtenu sans autre soin que celui d'alimenter le réservoir.

Voici comment M. Fabre de Lagrange réunit un grand nombre de ces couples. Les capsules de grès qui les contiennent, longues de 3 ou 4 diamètres, sont réunies et cimentées en faisceau, en bloc facilement transportable ; la surface supérieure est horizontale ; de petites rigoles amènent l'eau acidulée à chaque capsule. Avec cette disposition, en plaçant au-dessus de la pile un second réservoir et en changeant la nature et l'élévation des diaphragmes, il est facile d'employer un second liquide que l'on fait tomber directement goutte à goutte sur les charbons, soit, par exemple, l'acide azotique. On emploie avec avantage cet acide très-affaibli, et lorsqu'il ne peut plus servir pour la pile de Bunsen, parce qu'il n'absorbe plus l'hydrogène. Les liquides à leur sortie des capsules sont recueillis et peuvent resservir jusqu'à saturation. (*Voy.* le journal *l'Industrie*, n° d'avril 1852.)

Nous nous empressons de citer, pour terminer toutes ces descriptions, les pages suivantes que nous devons à la communication toute bienveillante de M. Le Molt, dont le nom s'associe si dignement dans la science à ceux de MM. Jacobi, Smee, etc.

« *Batterie voltaïque de Le Molt. — Couple à anse et à élément carbone électrotypé.* — Les principales conditions de perfectionnement d'une batterie voltaïque, destinée à produire des effets énergiques, consistent à obtenir, à l'aide d'éléments offrant entre eux la moindre étendue de surfaces possibles, les forces de *production* et de *propagation* les plus libres, les plus larges et les moins interrompues du courant électrique. Le nouveau couple que j'ose soumettre à l'examen des savants praticiens qui s'occupent de cette matière, me paraît, dans l'état de nos connaissances actuelles, remplir ces conditions, obtenues au moyen des perfectionnements ou objets de détail ci-après, constituant dans leur ensemble le but essentiel que je me suis proposé, et consistant, savoir : 1° dans un élément électro-négatif de carbone, dit *carbone gaz des retortes;* 2° dans l'emploi du *procédé électrotype* ou galvanoplastique, pour revêtir d'une couche de métal réduit, comme moyen d'attache adhérente, l'une des extrémités supérieures de l'élément carbone; 3° dans le *revêtement*, à l'aide d'un enduit résineux ou autre, des surfaces *non agissantes* de l'élément zinc, ou autre électro-positif, pour préserver ces surfaces de l'action des acides; 4° dans un nouveau mode de *reliement fixe et intime* des deux éléments entre eux, par l'intermédiaire d'un conducteur, que je nomme *anse métallique.*

« *Elément carbone.*—Chacun sait qu'il existe un grand nombre de combinaisons différentes de métaux pouvant servir à former des couples ou chaînes galvaniques plus ou moins fortes, et classés dans l'ordre suivant : *platine, or, argent, mercure, cuivre, plomb, étain, fer, zinc.* Que plus les deux métaux mis en relation sont éloignés l'un de l'autre, dans la place qu'ils occupent dans cette série, plus le courant a d'énergie; et, qu'en conséquence de cette loi, la batterie la plus agissante serait celle composée d'éléments *platine* et *zinc*. Mais il existe un corps non métallique, le *carbone*, dont l'énergie, comme élément électro-négatif, est encore plus puissante que celle du platine : de manière que le couple ou la paire *carbone* et *zinc* est compté au nombre des combinaisons qui offrent l'action génératrice la plus forte que l'on soit encore parvenu à produire. Mais jusqu'ici, les inconvénients attachés à l'emploi quelque peu prolongé de cet élément précieux, ont fait renoncer à son utilisation dans des circonstances où il pouvait rendre les plus grands services, son immense faculté productrice s'affaiblissant graduellement pour une cause que je vais signaler.

« De 1840 à 1842, faisant à Saint-Pétersbourg des expériences sur la lumière électrique avec une batterie du chevalier Bunsen, de 100 couples, dont l'élément carbone, en forme de cylindre creux, était composé d'un mélange pulvérisé de *coke* et de *charbon de terre*, je m'aperçus bientôt que l'affaiblissement graduel du courant de cette pile provenait de l'oxydation rapide des *colliers* de cuivre, ainsi que des *vis* servant à les maintenir sur les surfaces supérieures de l'élément carbone. En effet, l'acide dans lequel était immergée cette matière carbonisée, éminemment friable et poreuse, avait bientôt atteint et attaqué la paroi extérieure et surtout intérieure du collier-attache, et formé, vers les rares points de contact du métal contre le carbone, des oxydations métalliques, qui, interceptant le libre passage du courant, en affaiblissaient rapidement l'énergie. D'un autre côté, les vis de cette attache, corrodées par l'acide, ne pouvaient plus que très-difficilement se mouvoir dans leur écrou; en sorte qu'après chaque expérience, il fallait, par un travail assez assujettissant, décaper tous les colliers ainsi que leurs vis, qui, finissant par s'altérer elles-mêmes, amenaient des solutions de continuité qui interceptaient la libre circulation du courant et donnaient à la lumière électrique des effets d'intermittence, d'affaiblissement et même souvent d'arrêt. Je dus, comme tant d'autres, renoncer à l'emploi de cette batterie. J'utilisai ensuite l'élément *platine* de Grove, assurément le plus sûr et le plus énergique qui existât. Mais il présentait deux inconvénients. Le premier : la

cherté du métal, dont, en raison de la puissance propagatrice du courant, les lames devaient avoir une certaine épaisseur; le second, c'est qu'à la longue ce métal finissait par subir une assez notable déperdition de substance, surtout quand les acides, échauffés par l'action d'une forte batterie, s'élevaient à une certaine température. Il est bien reconnu, cependant, que l'acide nitrique pur n'a qu'une action dissolvante à peu près nulle sur le platine; mais l'acide nitrique pur et bien rectifié coûte fort cher, et celui ordinairement employé, l'acide nitrique du commerce, est souvent sophistiqué et mélangé à d'autres acides, avec lesquels il forme une espèce d'eau régale, très-faible, il est vrai, mais qui n'en agit pas moins à la longue comme dissolvante. Le fait est qu'après vingt expériences environ, la masse de platine employée pour les cent couples, et pesant environ trois livres, avait perdu quatre onces de son poids. Ce fait a été constaté par le célèbre Jacobi.

« De retour en France, j'utilisai, comme élément de la pile, le carbone particulier dit *carbone gaz des retortes*, connu vulgairement sous le nom de *crasse des cornues*, matière qui se forme et se dépose à la longue sur la paroi intérieure des retortes, lors de la distillation de la houille (ou autres matières pouvant être réduites à l'état de carbone), matière employée depuis longtemps, *sous forme de crayons*, comme *électrodes émetteurs* de la lumière électrique. J'en fis monter une batterie de 80 couples, et j'eus le désappointement de constater, dans l'emploi de ce carbone, les mêmes inconvénients que dans celui de Bunsen, c'est-à-dire que son attache et les vis qui le maintenaient étaient également attaquées par l'acide. Il est vrai que cette fois l'acide ne trouvait plus dans le carbone gaz (remarquable par sa densité) une capillarité suffisante pour faire ascension vers les attaches; mais la vapeur âcre et chaude qu'il dégageait avait les mêmes effets d'oxydation sur le métal.

« *Galvanisation métallique de l'élément carbone.* — J'essayai ensuite d'appliquer sur l'une des surfaces supérieures de l'élément carbone une lame de platine, et de l'y faire adhérer par une pression au moyen d'une attache métallique. L'inconvénient était moindre sans doute; la lame de platine n'était point attaquée; mais l'attache s'oxydait de même. C'est alors que j'eus l'idée de faire adhérer directement, et au moyen de la *révivification électro-plastique*, une couche plus ou moins épaisse de cuivre réduit sur les surfaces supérieures du carbone, établissant ainsi entre cet élément et le métal réduit, *un contact atomique de la dernière adhérence* et qui a été jugé par d'illustres savants français et anglais comme un perfectionnement capital, permettant aujourd'hui d'utiliser, comme premier élément électro-négatif de la pile, la matière la plus énergique, la moins destructible, et qui peut être obtenue au plus bas prix.

« *Anse métallique.*— Il s'agissait également de relier, par un contact intime, l'élément carbone à l'élément zinc; et pour cela je fis emploi d'une lame de cuivre en forme d'anse, dont je soudai l'une des extrémités à deux des surfaces du métal réduit, et l'autre, à l'une des surfaces de l'élément zinc; de manière que le couple voltaïque, composé de ses deux éléments ainsi que l'anse métallique, ne formait plus qu'une seule pièce, sans aucune espèce d'attaches mobiles. Il n'y avait plus alors d'obstacle à ce que le courant de la pile pût circuler d'une manière libre égale, continue, à travers les éléments et leurs conducteurs; le résultat de la recherche que je poursuivais depuis si longtemps me parut dès lors accompli.

« *Revêtement d'un enduit des surfaces non agissantes de l'élément électro-positif.*— Dans toutes les batteries énergiques en usage, et notamment dans celles de MM. Grove et Smee, j'ai toujours remarqué que les surfaces non agissantes de l'élément zinc n'étaient nullement protégées contre l'action de l'acide. Aussi ai-je voulu garantir mon nouveau couple de ce grave inconvénient, en enduisant ces surfaces neutres d'une ou de plusieurs couches d'un vernis résineux ou autre, résistant à l'action des acides plus ou moins étendus; précaution que je considère comme de la dernière importance. Et d'abord il faut admettre que dans les deux surfaces, immergées dans l'acide, il n'y en a qu'une seule qui agit, c'est-à-dire celle qui est en relation d'influence et de rayonnement avec l'élément de nom contraire. Ceci établi, si l'acide attaque en même temps les surfaces agissantes et les surfaces neutres du zinc, cet élément sera de moitié plus vite dévoré sans profit pour l'énergie du courant, et la solution acide sera aussi de moitié plus vite altérée; par conséquent, moitié moins de durée dans les effets de la batterie, et moitié plus de dépense pour le zinc, l'acide et l'amalgame au mercure. Ces considérations d'*économie* et de *durée* m'ont paru devoir être hautement appréciées pour les utilisations pratiques journalières.

« En conséquence de ce qui précède, je crois donc, dans l'état actuel du progrès, pouvoir offrir aux expérimentateurs praticiens, et sous la forme la plus simple et de la plus facile manipulation, le couple voltaïque le plus sûr, le plus économique et en même temps le plus énergique qui existe aujourd'hui; couple dont l'un des éléments est indestructible, couple à travers les éléments duquel le courant électrique peut se mouvoir et circuler de la manière la plus large, la plus libre et la moins interrompue.

« Les *acides* dont je me sers ordinairement sont l'*acide nitrique du commerce* et l'*acide sulfurique étendu* de huit parties d'eau. L'acide nitrique, dans lequel je plonge l'élément carbone, est contenu dans un vase cylindrique de terre poreuse, immergé lui-même dans la solution d'acide sulfurique contenu dans un vase de terre en grès, et au milieu de laquelle solution plonge l'élément zinc en forme de cylindre creux. La somme

totale des surfaces agissantes de mon couple carbone zinc est de 48 pouces carrés. Dans mon expérience de la lumière électrique, faite le 8 décembre dernier sur la colonne du duc d'York, ma batterie était composée de 78 paires. Surface totale: 26 pieds carrés. Une batterie énergique de 64 paires n'occuperait qu'une surface carrée d'un mètre ou de trois pieds.

« Aujourd'hui qu'on paraît revenir à de nouveaux essais sur la *perfluence* des acides conducteurs, afin de les renouveler et de les entretenir au même degré de saturation, pour obtenir un égal degré d'énergie dans le courant, je désire communiquer aux praticiens qui ne paraissent pas avoir deviné tous les inconvénients et embarras attachés à la pratique de ce système, un moyen beaucoup plus simple et moins compliqué de régulariser cette énergie, et qui n'exige nullement le renouvellement des acides dans les vases ou auges. Il consiste à fixer sur un châssis mobile, suspendu à une poulie, les couples de la batterie, de manière à pouvoir les immerger dans les acides à tel abaissement que ce soit. Admettons maintenant que dans un temps donné pour l'expérience, quatre heures, par exemple, les acides perdront un tiers de leur énergie. Dans ce cas, faites plonger vos éléments dans le liquide acide de manière à ne baigner d'abord que les deux tiers de leurs surfaces agissantes; et au fur et à mesure de la *déconcentration de l'acide* (qui vous sera indiquée par un électromètre régulateur, traversé par le courant), vous abaisserez alternativement votre châssis; et, en multipliant ainsi et successivement les surfaces agissantes-conductrices des éléments, vous compenserez l'affaiblissement progressif des acides.

«*Electrodes-carbones, émetteurs de la lumière électrique.*— Cette lumière est ordinairement produite à l'aide de deux crayons de carbone, mis en regard l'un de l'autre, et maintenus par l'expérimentateur, au fur et à mesure de la combustion de la matière, à une distance convenable d'écartement. Cependant, depuis longtemps l'investigation des physiciens-ingénieurs les plus habiles s'est épuisée d'efforts à la recherche d'un moyen mécanique, à l'aide duquel, sans le secours de la main humaine, ces deux crayons carbone, qui s'usent d'une manière inégale au fur et à mesure de leur combustion, pourraient être respectivement maintenus à la même distance. Quoique je considérasse la solution de ce problème comme à peu près irréalisable, je ne m'en livrai pas moins moi-même à des investigations aussi infructueuses qu'impuissantes. Mais l'habitude de l'observation et d'une longue pratique, et plus encore les inutiles tentatives de tant d'hommes spéciaux, me ramenèrent bientôt vers d'autres recherches.

« Quel que soit le point de perfection auquel la science mécanique ait été élevée, comment comprendre un appareil, quelque compliqué qu'il soit, qui puisse, *doué d'intelligence et de pensée*, prévoir à l'avance des obstacles ou effets qui ne se produiront *qu'à des temps imprévus et indéterminés?* Si la matière des crayons électrodes s'usait par la combustion d'une manière toujours égale, la difficulté serait bientôt vaincue; mais il en est bien autrement. Quel que soin qu'on apporte dans la préparation des matières carbonisées composées, ou dans le choix de celles provenant des retortes, qui se forme par superpositions de couches, ces matières s'useront toujours inégalement, par des causes assez variées, tenant, soit à l'inégalité d'énergie du courant, soit à la nature de la matière des électrodes émetteurs, soit à leur distance variable, soit à un défaut d'homogénéité dans le même crayon de carbone, soit au transport irrégulier d'une partie de matière carburée de l'un des crayons sur l'autre, soit à l'altération de l'amalgamation du zinc par le mercure, soit même à la tension électrique de l'atmosphère, agissant quelquefois et par certains temps sur les conducteurs de la batterie, etc.

« La condition favorable au maintien d'une lumière plus ou moins soutenue, sera aussi la plus défavorable au développement d'intensité de l'étincelle. Plus les électrodes seront rapprochés l'un de l'autre, plus la lumière (en raison du peu de déperdition de la lumière carbonisée) se soutiendra davantage, mais aussi elle sera très-faible. Dans le cas contraire, celui du maximum d'écartement des crayons carbone, la lumière aura une grande intensité d'éclat, mais aussi moins de chances de durée. Et dans les circonstances où il est nécessaire d'amplifier la lumière par un système optique quelconque, comment maintiendra-t-on cette lumière au centre de ce système, composé de lentilles ou de réflecteurs paraboliques, et hors du foyer desquels l'étincelle sera continuellement écartée par la combustion des électrodes, dont l'un s'altère deux fois plus rapidement que l'autre? A moins qu'un constructeur entreprenant n'ajoute à la complication énorme de certains appareils celle d'un mouvement assez intelligent pour maintenir l'instrument optique au foyer variable de l'étincelle.

« Après avoir tenté infructueusement et en dernière analyse tous les systèmes de pondération au moyen de *flotteurs*, etc., on s'est enfin décidé à renoncer à l'espoir de maintenir, à l'aide d'une machine, deux crayons de carbone dans une situation convenable d'écartement progressif; et on n'a plus songé qu'au moyen de *rallumer* l'étincelle à chaque temps d'arrêt de la lumière. Pour obtenir ce résultat, on a emprunté à la théorie de l'illustre Œrstaed l'emploi des courants induits dont le savant professeur Wheastone a fait de si hautes applications; et ce, au moyen du mouvement de va-et-vient du contact d'un électro-aimant placé dans le circuit de la batterie. Mais ce moyen très-ingénieux, et qui a été expérimenté par divers physiciens, est encore loin de résoudre la difficulté. Je conçois qu'à l'aide d'un courant induit, on puisse imprimer au *con-*

tact d'un électro-aimant un mouvement de va-et-vient, qui, à chaque extinction de la lumière, rapprochera les électrodes carbones l'un de l'autre ; mais la grande difficulté est de régler d'une manière convenable la course de ce mouvement, qui est toujours uniforme. Et qu'arrivera-t-il alors, si, en raison de tant de circonstances que j'ai signalées et qui ne peuvent être prévues, les électrodes se trouvent tantôt plus rapprochés ou tantôt plus éloignés l'un de l'autre ? c'est que, dans le premier cas, la lumière sera considérablement affaiblie ; et, dans le second, elle s'éteindra aussitôt que rallumée. Au surplus, je ne serai convaincu de l'efficacité de ce procédé que quand j'aurai vu un expérimentateur consentir à abandonner sa lumière à elle-même pendant un certain temps, sans aide ni surveillance. Jusque-là, je persisterai dans le doute qu'on puisse jamais régulariser convenablement, à l'aide de la science mécanique, le mouvement intelligent de rapprochement des crayons électrodes. C'est là du moins ma conviction ; je ne dirai pas qu'elle est le résultat de hautes études, mais elle tient à une longue et persévérante pratique.

« *Disques électrodes-carbones placés à angle droit, et à mouvement de rapprochement combiné.* — Dans le cours de 1845, un savant anglais eut l'idée d'un procédé consistant à produire la lumière électrique continue au moyen de l'emploi de cinq disques de carbone disposés circulairement, dans un plan parallèle, sur un cercle métallique, où, après chaque révolution de l'un des disques, l'étincelle était alternativement et successivement renvoyée du premier au second, du second au troisième, et ainsi de suite jusqu'au dernier. Il ne m'appartient pas d'apprécier cette disposition d'arrangement qui, à ce qu'il paraît, n'a pas réalisé la condition essentielle recherchée, celle de la continuité, et qui n'a pu, par conséquent, recevoir aucune utile application.

« Mon procédé consiste à ne faire emploi seulement que de *deux disques* rotatifs en carbone des retortes, placés en regard à *angle droit;* lesquels, après chaque révolution accomplie, se trouvent rapprochés l'un de l'autre d'une distance égale à celle dont les avait éloignés la combustion d'une partie de la matière carburée. La position des disques à angle droit est la condition capitale sans laquelle il n'y a pas de continuité possible. Dans mes premiers essais, j'avais d'abord disposé mes deux disques dans une position parallèle verticale. Mais aussitôt que la lumière se produisit entre eux, l'étincelle par un mouvement irrégulier de va-et vient, d'abaissement ou d'élévation, quittait alternativement le point où elle aurait dû se maintenir, paraissant chercher une situation plus favorable à la combustion du carbone ou au parcours du fluide à travers cette matière ; en sorte qu'en changeant de distance, et lorsqu'elle arrivait à des points d'écartement entre les courbes où elle ne pouvait plus se maintenir, cette lumière s'éteignait aussitôt. Tout d'abord je ne me rendis pas bien compte de cet effet; mais je fus ramené bientôt par l'observation à constater que le carbone, à l'état d'incandescence, était beaucoup moins bon conducteur que celui qui ne se trouvait pas à cet état, et qu'il fallait attribuer à cette cause la pérégrination de la lumière sur une partie de segment de la courbe des disques. Je ne savais comment obvier à cet inconvénient, auquel il était cependant bien facile de remédier à l'aide d'un moyen bien simple, et que je fus cependant assez longtemps à deviner. Ce moyen consistait à placer, en regard l'un de l'autre, les deux disques *à angle droit*. De cette manière, la lumière se trouvait circonscrite au point où elle devait être maintenue, et ne pouvait plus s'en écarter. La perfection de la lumière ne dépendait plus que du choix de la matière propre à former les électrodes émetteurs, et j'adoptai de préférence le carbone gaz des retortes.

« Je crois donc que de toutes les combinaisons tentées pour maintenir les électrodes carbones émetteurs de la lumière, à une distance régulière l'un de l'autre, le procédé de disposition mécanique qui m'est propre est, dans l'état actuel de nos connaissances sur cette matière, celui qui approche le plus de cette solution recherchée de la continuité de la lumière électrique. Je dis : *qui approche le plus*, parce qu'il est impossible à un praticien consciencieux d'affirmer qu'il n'arrivera pas, à des époques imprévues, et par des circonstances fortuites, un temps d'arrêt dans la lumière produite et émise par un agent aussi impondérable que capricieux, et soumis lui-même à des influences difficiles à reconnaître. Aussi suis-je parfaitement convaincu et d'avis que toute lumière électrique, produite par une pile énergique, ne peut être abandonnée à elle-même, et que l'une et l'autre doivent être surveillées; soin qui peut être confié au manipulateur chargé de la mise en action de la batterie. Cependant, et à l'occasion de mon système de production de la lumière électrique, je m'empresse de faire connaître que, dans une série d'expériences faites sur ma batterie, dans le cours de l'été dernier, par M. le professeur Cooper, nous avons constaté des effets remarquables d'une longue continuité ; et j'ajouterai que, dans le rapport qui s'en est suivi, j'ai trouvé, dans le jugement très-favorable que ce savant chimiste a porté sur les divers avantages de mes perfectionnements, une noble récompense de mes efforts.

« *Application de ma batterie voltaïque et de sa lumière.* — Et d'abord, je commence par déclarer que je n'entends nullement éclairer les appartements privés, ni remplacer la lumière ordinaire du gaz telle qu'elle est distribuée dans les lanternes des rues, par la meilleure de toutes les raisons : celle de mon impuissance. Quant à présent, je laisse à d'autres ce soin. Que les lumières du gaz et de l'huile se rassurent donc : elles n'ont

rien à redouter de ma concurrence au point de vue pratique et industriel. Je n'ai jamais considéré qu'on pût appliquer la lumière électrique à tous les usages pour en faire une panacée d'éclairage, et les objections que j'aurais à opposer à une prétention contraire, seraient trop nombreuses pour que j'aie le courage de les déduire ici. Au surplus, je ne crois pouvoir mieux faire que de me borner, quant à présent, à renvoyer ceux qui désireraient être édifiés sur le mérite de cette prétention, aux lectures pleines d'intérêt faites chaque soir, sur la lumière électrique, à l'Institution royale polytechnique, par M. le professeur Bachhoffner, auquel la science est redevable d'un certain nombre de perfectionnements aussi utiles que remarquables, et qui par une logique aussi spirituelle que concluante, ramène la question aux proportions réduites d'une sage et praticable application. Et d'ailleurs, le domaine des utilisations de la lumière stellaire est encore assez étendu, pour qu'on puisse se restreindre aux cas spéciaux et aux circonstances extraordinaires dans lesquelles ses applications sont appelées à rendre les plus grands services.

« Les principales applications de ma nouvelle batterie ou de la lumière qu'elle émet, sont réservées plus particulièrement à l'usage des phares et de l'éclairage de l'entrée des ports ; des signaux télégraphiques de côtes ; des navires à vapeur et autres de toutes sortes ; des parcours ou abords des lignes de chemin de fer ; des théâtres, pour les grands effets de scène ; des jardins de réunions publiques ou autres grands espaces ou grandes avenues ; à la réduction des métaux par la méthode électrotype ; à la reproduction des images par la voie photographique ; comme moyen de force motrice dynamique ; et à toutes autres utilisations où l'emploi d'une batterie énergique ou d'une puissante lumière peut être réclamé.

« La lumière électrique, dont l'intensité d'éclat se porte à toute distance, peut être très-utilement appliquée *aux phares, comme étincelle de sauvetage*, dans les circonstances extraordinaires de grande pluie, brouillard, et surtout de tempête, et, dans ces divers cas, rendre à la navigation les plus éminents services. Cette lumière ne sera pas moins précieuse *à tout navire* faisant un voyage de plus ou moins long cours, pour signaler au loin son passage ou son arrivée, et en cas de détresse, réclamer du secours ; pour éclairer visiblement à plusieurs milles un point qu'il importe de reconnaître, d'aborder ou d'éviter. A l'aide d'un appareil qui m'est propre et auquel j'ai donné le nom de *porte-étincelle*, la lumière électrique peut être promptement et facilement transportée d'un lieu à l'autre du bâtiment et dirigé sur tous les points de l'horizon. Je crois donc qu'une batterie, simple, énergique, d'une manipulation facile et qui peut être mise en action en moins de dix minutes, est un appareil indispensable à tout navigateur. C'est une seconde ancre de miséricorde qui, au moment du suprême danger, doublera pour l'équipage, le navire et la cargaison qu'il transporte, les chances de sécurité et de salut. Pour l'usage des convois sur les lignes de chemins de fer, ce moyen ne doit pas être moins apprécié comme ressource préventive contre les accidents de rencontre par des temps obscurs ou de brouillard. Encore bien qu'à l'aide d'un instrument photométrique, M. le professeur Cooper ait constaté que ma lumière, sous le rapport de l'éclat, ne le cédait en rien à celle d'un soleil d'août en plein midi, toujours est-il que par un brouillard épais, ces deux lumières se trouvent interceptées ; mais elles traverseront une couche de brouillard trois fois plus longue que ne pourraient le faire les feux ordinaires en usage ; et on n'en reconnaîtra pas moins mon étincelle à une assez grande distance, à la coloration jaunâtre qu'elle projette sur le brouillard dans la partie de l'atmosphère placé sous son rayon ; ce qui donnera à deux wagons ou à deux navires, le temps nécessaire pour échapper à une rencontre ou à tout autre accident.

« Depuis mon arrivée à Londres, j'ai fait trois grands essais de ma lumière électrique dans des circonstances de temps et de lieux qui pouvaient paraître les plus défavorables au succès des expériences. La première, sous les auspices de l'Amirauté d'Angleterre, à Gosport. Dans la nuit du 9 au 10 juin, placé dans l'une des chambres de l'hôpital d'Haslar, et derrière une fenêtre fermée que ma lumière devait traverser, je dirigeai mon feu sur l'île de Wight dans diverses directions et à des temps de départ et de durée qui m'avaient été rigoureusement imposés. Un violent ouragan et une pluie continuelle couvraient d'une eau ruisselante les carreaux de la fenêtre ainsi que mon appareil émetteur, et les acides de ma batterie, exposés à la pluie, se trouvaient considérablement affaiblis. Cependant, malgré ces obstacles, je fis porter ma lumière sur le château royal d'Osborne et sur l'une des jetées de l'île d'où elle fut parfaitement aperçue ; et je la soutins toujours énergique, de dix heures à minuit quarante minutes. Ma lumière, jetée sur le point dit *Sea View*, ne put se projeter que très-affaiblie, ce point se trouvant sous un angle qui en raison de la disposition du lieu où mon appareil était fixé à demeure, ne me permettait pas de me placer à son foyer ; et d'ailleurs la lumière était obstruée par les châssis de la fenêtre qu'elle était obligée de traverser sous un angle d'obliquité de plus de 50 degrés. Cependant j'éprouvai une vive satisfaction en recevant les sincères compliments de M. l'amiral Parry dont je n'oublierais jamais le bienveillant accueil, et aussi le témoignage d'un ancien officier de marine qui me dit qu'ayant voyagé près de quarante années, il n'avait jamais vu une pareille lumière.

« Ma seconde expérience a eu lieu le 19 novembre, sur le *Great-Western-Railway*, sous les auspices de sir I. Brunel ; et la troi-

sième, le 7 décembre dernier, sur la colonne du duc d'York. Plusieurs articles du *Times*, du *Morning Chronicle*, et du *Weekly Dispatch*, furent publiés sur ces deux essais qui ont eu pour juges de nombreux spectateurs.

« Chev. Le Molt.

« Londres, février 1849.

« Un de MM. les membres du jury près l'exposition universelle de Londres, ayant traité *d'exagération* cette énonciation que 30 couples de ma pile voltaïque très-faiblement chargés suffisaient au service *simultané* des cinq grandes lignes électriques de France, j'ai cru devoir solliciter de M. A. Foy la déclaration suivante :

« Ministère de l'Intérieur.—Administration « des lignes télégraphiques.—Nous soussigné, « administrateur en chef des lignes télégra- « phiques, certifions que l'administration « emploie depuis cinq mois, au poste central « de Paris, une pile de 30 éléments, *système Le* « *Molt*; qu'elle dessert *simultanément* les cinq « lignes suivantes : de Paris à Calais, d'une « longueur de 378 kilomètres ; de Paris à An- « gers, 345 kilomètres ; de Paris à Châlons- « sur-Marne, 172 kilomètres ; de Paris à « Tonnerre, 197 kilomètres, de Paris à Rouen, « 140 kilomètres (total, 1,232 kilomètres, ou « 770 milles anglais) ; que cette pile est remar- « quable par la constance de son action et la « facilité de sa manipulation ; que le point où « elle peut rendre le plus de services est jus- « tement celui où concourent un plus grand « nombre de lignes ; et le poste de Paris est « celui qui réunit ce caractère au plus haut « degré ; qu'elle remplace avantageusement « les piles de Bunsen dont l'administration « faisait usage ; que les liquides employés « sont : l'acide nitrique du commerce étendu « de son poids d'eau et de l'eau acidulée d'un « vingtième d'acide sulfurique ; qu'enfin cette « pile peut servir pendant quinze jours sans « qu'il soit besoin de renouveler l'acide.

« Paris, 3 juin 1851.

« *Signé* : Alphonse Foy. »

« L'administration a également constaté que ni la pluie ni les orages ni la tension électrique de l'atmosphère, n'avaient aucune espèce d'action sur la constance et la régularité du courant de ma pile, qui fonctionne parfaitement. J'ajouterai que, dans cette batterie, les solutions acides atteignent à peine le tiers de la hauteur des vases qui les contiennent, et que les surfaces actives de mon couple *zinc-carbone* n'ont qu'un décimètre carré.

« Je lis dans la dernière édition de 1851 du *Traité de télégraphie électrique* de M. C.-V. Walker, directeur des télégraphes du chemin de fer sud-est de l'Angleterre, que l'administration fait usage d'une batterie de zinc-cuivre à bain de sable acidulé, patentée par M. Fothergill-Cooke ; que, pour les petits groupes d'une distance de 20 à 15 milles, on emploie 24 couples, pour les distances de 40 à 60 milles, 48 couples ; de Douvres à Londres, 72 couples, et pour tout le royaume uni, environ 20,000 couples.

« D'après ces chiffres, je trouve en moyenne qu'un de mes couples, dont les surfaces agissantes ne sont que d'un décimètre carré, équivaut au moins à 15 couples de la pile Fothergill-Cooke dont la somme des surfaces actives est de 50 décimètres carrés. Ma pile est applicable à tous les usages auxquels une batterie puisse être utilisée ; puisque, du degré d'élévation ou d'abaissement des solutions acides actives, dépendent l'énergie ou l'affaiblissement du courant, lequel, dans tous les cas, se maintiendra toujours avec la plus constante régularité.

« Depuis mon séjour à Londres, j'ai fait, à l'aide d'une batterie de 80 couples, plusieurs essais de ma lumière électrique dans des circonstances de temps et de lieux qui pouvaient paraître les plus défavorables au succès des expériences.

« Ainsi, sous les auspices de l'Amirauté, et par une nuit de pluie et de tempête, j'ai dirigé de Gosport sur l'île de Wight et sur la mer à toute portée d'horizon, un feu de phare puissant et soutenu (de 10 h. à minuit 40 minutes). Au Great-Western-Railway, sous les auspices de MM. Brunel et Russell, j'ai pu maintenir ma lumière forte et continue sur un truck, placé à la suite d'un convoi, de Paddington à Windsor, aller et retour. Sous les auspices de S. Grâce, le duc de Wellington, étant placé sur le sommet de la colonne du duc d'York, j'ai rendu l'étincelle électrique visible sur tous les points culminants de Londres. J'ai expérimenté ma lumière en présence de S. A. R. Mgr le prince Albert, lors de sa visite à l'exposition française chez M. Sallandrouze de Lamornaix, et aussi pour deux des anniversaires de la fête de S. M. la reine Victoria, etc. J'ai trouvé, dans les termes des rapports scientifiques et des comptes rendus par la presse anglaise, un précieux témoignage d'éloges et d'encouragements pour mes efforts.

« Les journaux français ont publié, qu'à l'occasion de l'anniversaire du 4 mai dernier, deux personnes avaient été chargées par le gouvernement d'éclairer par la lumière électrique, l'une, la façade de la Madeleine ; l'autre, la belle cascade artificielle tombant du pont de la Concorde dans les eaux de la Seine ; que la première personne avait littéralement échoué ; mais que la seconde (M. l'ingénieur Loiseau) avait complétement réussi à éclairer la chute d'eau d'une lumière féerique. L'expérimentateur s'était servi d'une batterie formée de *cent* de mes couples.

« A.-E. Le Molt.

« Juin 1851. »

On rapporte que lorsque l'empereur Napoléon réorganisa l'Institut de France, il lui fut proposé, afin d'éviter toute pensée de rivalité entre les chefs de la science, d'établir la liste des membres en suivant l'ordre alphabétique des noms ; l'empereur s'empressa de consentir à cette proposition, à une condition toutefois, c'est que le nom de *Volta* serait placé en tête de la liste. Le grand empereur avait deviné les immenses propor-

tions qu'atteindrait dans l'avenir l'application dans les arts de la pile électrique. Pour mettre les lecteurs à même de juger de l'avenir immense réservé à cette conquête du génie de l'homme, nous ne saurions mieux faire que de citer les pages suivantes de M. de Valincourt, extraites du *Manuel Roret*.

« L'utilité[1] de la pile dans ses applications aux arts n'a plus besoin de démonstration. Cet instrument, autrefois étranger aux arts, oublié dans les cabinets de physique, grâce à quelques perfectionnements de peu de valeur en apparence, a acquis de nos jours une importance industrielle qui surpassera peut-être celle des machines à vapeur. D'un côté, les recherches des Davy, De la Rive, Faraday, Spencer, Smee, Becquerel, Jacobi et d'autres savants, ont enrichi la science de grandes découvertes; de l'autre côté, les travaux des Weekes, Kœbbel, de Ruolz, Elkington, duc de Leuchtemberg, Walker, Elsner, et tant d'autres, ont porté l'art à un haut degré de perfectionnement. L'électro-chimie appliquée est peut-être une chose unique dans les arts : quoique nouvelle et comptant à peine un lustre d'existence, elle est pleine d'un avenir tellement miraculeux, que, dans d'autres temps, et même au commencement de notre siècle, les résultats qu'on en a déjà obtenus auraient semblé fabuleux. En effet, quand, à l'aide de la pile, on a pu détruire la force occulte, mais puissante, qui unit les éléments entre eux, les séparer et obtenir des corps entièrement inconnus autrefois; quand on a pu, avec le même agent, recomposer les corps, unir les éléments autrefois désunis, et obtenir des substances que la nature, aidée de siècles nombreux, avait seule le droit de préparer dans son grand laboratoire; quand on a pu faire parcourir à la pensée de grandes distances avec une vitesse presque égale à sa conception; enfin, quand on a pu faire tant de choses incroyables, et cela toujours avec le secours de la pile, que n'est-on pas en droit d'espérer?

« Certainement il viendra un temps où quelques soleils électriques, plantés par la main d'un savant, éclaireront toute une ville; ou les hauts-fourneaux et autres grands feux métallurgiques seront éteints pour faire place à des piles gigantesques qui travailleront la matière pour en arracher les métaux nécessaires à l'usage de l'homme. Le feu, la vapeur sur les chemins de fer, seront remplacés par des appareils électriques ou par leurs modifications. On verra des vaisseaux destinés à la navigation et des statues colossales sortir du liquide contenu dans des cuves immenses.

« En passant du règne minéral au règne organique, n'est-on pas en droit de penser que ce mouvement intime, qui produit le vin, la bière, et tant d'autres liqueurs alcooliques, pourrait être modifié et perfectionné dans ses résultats par cette force savamment dirigée? du moins, à en juger par les travaux de M. Godard, de Bruxelles, un des plus habiles distillateurs de Belgique, qui s'occupe depuis quelque temps de la solution de ce problème, il paraît qu'au moyen de la force électrique, mise en jeu pendant la fermentation des grains, toute la substance amylacée est entièrement transformée en esprit, résultat, comme on le sait, impossible dans l'état actuel de l'art. Il est même probable qu'en employant cet agent on parviendra, par la combinaison des corps gazeux et d'autres, à obtenir des substances organiques que l'art n'a jamais pu produire autrement qu'en les isolant des composés où elles se trouvaient. Le sucre, l'alcool, les éthers, les huiles, surgiront peut-être dans les usines chimiques créées par la combinaison des gaz, du charbon et de l'eau, forcés à s'unir par cette puissance récemment acquise à l'homme. Cette électricité même, qui détruit souvent la végétation en donnant naissance aux grêles, trombes, pluies torrentielles, et autres météores dévastateurs, pourra produire des récoltes inépuisables quand elle sera dirigée dans le sol pour y être en contact avec les substances assimilables par les végétaux. Ces probabilités ne sont plus des utopies; elles ont déjà été réalisées pour la plupart, il est vrai, sur une petite échelle, mais on peut le dire de nos jours, et sans exagérer, il n'y a plus rien d'impossible dans les vastes régions des probabilités scientifiques.

« Le plus grand obstacle à la réalisation de cet immense avenir, c'est l'instrument merveilleux lui-même et ses agrès; et, s'il est permis de dire que bientôt il viendra un temps où, grâce à cette nouvelle puissance, le travail de l'extraction des métaux sera du moins exécuté par la pile, il faut avouer aussi qu'actuellement cet instrument, ses accessoires et les manipulations y relatives, sont loin d'être au niveau de la science et de l'art. Pour ne parler à présent que de l'instrument seul, toutes les piles connues, dites à effet constant, celles-là surtout qui, par leur prix peu élevé, sont employées dans les arts, ont les défauts suivants : 1° Leur action, quoique plus longue et plus soutenue que celle des anciennes piles, n'est cependant pas assez régulière ni assez longue pour certaines opérations des arts. Ainsi, en employant, par exemple, la pile de Bunsen, charbon et zinc excités par les acides sulfurique et azotique, l'action de la pile, quoique le zinc employé y soit amalgamé, n'est forte et régulière que pendant les deux premières heures, puis elle faiblit et cesse au bout de six heures. Cette irrégularité et cette courte durée sont désespérantes pour les opérations galvanoplastiques, où il faut une action faible relativement, mais régulière et de longue durée;

« 2° Dans les travaux de cabinet, pourvu que l'on puisse atteindre le but désiré, le temps et les dépenses n'entrent presque pas dans les spéculations d'un savant; mais dans les arts, les dépenses et le temps constituent un article de la plus haute importance, et se composent ordinairement de plu-

sieurs données presque imperceptibles dans les essais du laboratoire. Aussi, dans les arts, la plus stricte économie est une condition indispensable, sous peine d'anéantissement de grands établissements et des plus belles conceptions. Sous ce rapport, les piles actuelles ne répondent pas au but que les arts se proposent : ainsi, la pile de Bunsen à deux acides excitants est une des plus dispendieuses; les deux acides se mêlent aux sels produits par son action, et ce mélange n'a pu encore être utilisé. Les acides excitants ainsi mélangés n'agissent plus : il faut les renouveler souvent, ce qui devient très-coûteux à cause de l'acide azotique, dont le prix assez élevé devient très-onéreux pour les travaux qu'on fait un peu en grand. Dans le travail continu, les vases en terre poreuse sont promptement dégradés; malgré tout ce qu'on fait pour les conserver, et ils exigent un renouvellement continuel. Les cylindres en zinc, malgré leur amalgamation avec les dissolutions salines de mercure, se dégradent aussi très-vite, la dissolution ne pouvant pas pénétrer dans les fissures capillaires du métal; la porosité du charbon fait monter l'acide azotique, qui dévore les montures en cuivre; la cire, presque toujours falsifiée avec la stéarine ou la fécule, ne les préserve pas beaucoup, et on a besoin de les nettoyer à chaque opération. Le récurage de tout ce qui est conducteur en cuivre, qu'il faut recommencer tous les jours, est un travail long et malsain. C'est peut-être le plus grave de tous les inconvénients des piles actuelles. Il ne faut pas oublier dans les dépenses la casse continuelle du fil de cuivre, d'argent, de platine; ce qui a toujours lieu, car ils s'aigrissent rapidement, malgré le recuit qu'on leur fait souvent subir. Ajoutons à tout cela les émanations délétères des acides nuisibles à la santé, la dégradation de tout ce qui est métallique dans le local, et tant d'autres inconvénients, et l'on avouera sans difficulté que ce qu'on a fait au moyen de la pile est dû, non à la perfection de l'instrument, mais à la ténacité des expérimentateurs.

« La pile de Daniell, telle qu'elle est employée par les doreurs de Paris, est, sous quelques rapports, plus commode que la précédente, mais son action n'est pas d'une constance telle qu'on la désirerait avoir dans les arts; et pour les frais, il suffit de dire que l'entretien seul de cette pile, dans les dimensions conformes aux grands travaux, coûte à un des premiers doreurs de Paris plus de 40 francs par jour.

« 3° Dans les travaux avec la pile, il est extrêmement difficile de régler sa force selon le besoin. Dans l'état actuel de l'art, on obtient, tantôt un métal mal adhérent, tantôt un oxyde, et quelquefois de gros cristaux sans cohésion ; cela dépend de la force de la pile, et on ne réussit qu'en tâtonnant.

« Pour procéder convenablement, il faudrait connaître les lois des rapports de la force électrique avec la résistance à vaincre; il faudrait pouvoir mesurer cette force avec un galvanomètre approprié à l'usage, et surtout pouvoir diminuer ou augmenter cette force, non-seulement avant, mais pendant l'opération. On a indiqué, il est vrai, plusieurs moyens dans ce but : tels sont l'augmentation ou la diminution des surfaces de la pile, en plongeant plus ou moins les couples dans des liquides excitants, à différents degrés de concentration de ces liquides excitants et de la dissolution saline électrolysée, celle-ci plus ou moins acidulée, neutre ou basique. On a encore indiqué dans ce but des fils plus ou moins bons conducteurs d'électricité. Tous ces moyens sont très-utiles ; mais, à l'exception de celui des surfaces, ils ne peuvent être employés qu'avant l'opération : car, une fois qu'elle est en train, et que l'on ne peut pas sortir l'objet du bain quand on s'aperçoit que l'action est trop faible ou trop forte, on ne peut plus la régler sans discontinuer, qu'en augmentant ou diminuant les surfaces de la pile. C'est encore le moyen le plus économique, parce qu'on use de la totalité de la force électrique existante pendant l'opération, tandis que par les autres moyens, quand cette force est trop grande, on est obligé de la laisser exister telle qu'elle est, mais on n'en emploie qu'une partie.

« 4° Une difficulté non moins grave et générale pour toutes les piles, c'est celle qui se présente surtout en galvanoplastie; alors la dissolution saline électrolysée, par suite des lois de la pesanteur, forme, pendant l'opération, des couches de différentes densités ; d'où il résulte que la couche métallique qui se forme est d'inégale épaisseur, et quelquefois elle ne se forme pas du tout en certains endroits. Les plaques métalliques et les cristaux de sel qu'on emploie ordinairement ne remédient qu'imparfaitement à cet inconvénient. Il paraît que l'ingénieux procédé récemment découvert par MM. Gauthier de Claubry et Déchaud, employé dans la décomposition par la pile du sulfate de cuivre obtenu de son minerai, pour en former des feuilles de ce métal, pourrait peut-être, dans ce but, recevoir une application plus étendue ; mais c'est encore une question de savoir si ce moyen peut également servir à obtenir le cuivre et les autres métaux, sous d'autres formes et dans des circonstances différentes, comme pour l'étamage, l'argenture et d'autres subdivisions de la galvanoplastie

« 5° L'art de recouvrir avec les métaux précieux d'autres métaux, malgré tout ce qu'on fait, sera toujours peu avancé tant qu'on ne pourra employer dans ce but d'autres sels que les cyanures, parce que ces sels sont très-chers, et que les émanations de l'acide cyanhydrique sont très-délétères ; il cause toujours des maux de tête, et on ne sait pas encore ce qui peut arriver au bout de quelques années de son emploi. Le mercure, qu'on a supprimé dans la dorure, n'est peut-être pas plus malsain. Elsner et d'autres ont fait quelques tentatives dans ce but ; nous nous abstenons de parler des essais faits

dans l'intention de vérifier leurs procédés.

« La plupart de ces difficultés, et d'autres que je passe sous silence, seraient levées si on pouvait avoir une pile économique sans émanations nuisibles, dont la force pourrait être au besoin diminuée ou augmentée sans discontinuer l'opération, et qui pourrait fonctionner plusieurs mois sans être démontée. Ces conditions, si difficiles en pratique, ont occupé depuis quelque temps ceux qui s'intéressent à l'avancement de cet art merveilleux. Suivant la note de M. Jacobi, lue à l'Académie des sciences de Pétersbourg, le prince Bagration serait parvenu à trouver une pile d'une constance extraordinaire, construite avec une grande économie et presque sans frais d'entretien: elle se compose de cylindres en zinc et cuivre, enfouis verticalement dans de la terre arrosée jusqu'à saturation de chlorhydrate d'ammoniaque concentré, le tout contenu dans des vases en terre cuite bien isolés.

« Occupé des applications industrielles de l'électro-chimie, et me servant de la pile de Bunsen, si peu satisfaisante sous ce rapport, j'ai senti vivement l'utilité de cette nouvelle découverte, et j'ai construit une pile du prince Bagration, d'assez grandes dimensions, composée de quatre couples. Mais quel a été mon étonnement quand j'ai vu mes espérances cruellement trompées? et cependant j'ai tout fait pour garder la plus stricte exactitude dans l'exécution de la note précitée. On pourra le voir par la description suivante de ma pile Bagration. Cette pile, comme on vient de le dire, avait quatre couples, dont chacun était composé de deux cylindres, zinc et cuivre; la hauteur du premier était de 70 centimètres, son diamètre de 10 centimètres. Le cylindre en cuivre avait 60 sur 16 centimètres dans les mêmes dimensions. La surface métallique de ces quatre couples était d'environ 2m095; les métaux étaient en feuilles laminées; l'épaisseur du cuivre était d'un demi-millimètre (quart de ligne), et celle du zinc de 2 millimètres (1 ligne). La terre que j'ai employée, et dont la qualité n'était pas bien spécifiée dans la note, ce qui pouvait cependant avoir une certaine influence sur les résultats, a été un bon terreau (les jardiniers donnent ce nom à la terre noire qui se forme par la décomposition du fumier). Le terreau a été soigneusement séparé des décombres au moyen d'un crible. Son volume était de 3 hectolitres. J'ai employé le terreau, parce qu'il m'a semblé que c'était la terre qui répondait le mieux à l'expression de *terre poreuse* indiquée dans la note précitée. L'eau de Seine fut saturée avec le chlorhydrate d'ammoniaque à la température de 12 degrés centigrades, qui était celle de mon laboratoire. Les vases qui ont servi à contenir la pile étaient de gros tuyaux en terre cuite ayant la hauteur de 0m75 sur 0m24 de diamètre; à l'un des deux bouts un fond en bois fut solidement adapté; ce dernier, de deux côtés, et le tuyau seulement à l'intérieur ont été bien goudronnés. Les vases ainsi conditionnés furent essayés avec de l'eau pour éviter les fuites de la dissolution saline, et par conséquent l'objection du non isolement. On a bien mouillé la terre avec la dissolution saline en la travaillant dans un vase à part; les cylindres métalliques furent placés concentriquement dans l'intérieur des vases, les intervalles remplis avec de la terre, mouillée encore avec la même dissolution, jusqu'à son apparition à la surface. Les cylindres en cuivre étaient recouverts de 5 centimètres (2 pouces) de terre, ceux en zinc la dépassaient d'autant. A mesure que l'eau s'évaporait, pendant le travail avec la pile, on mouillait la terre avec la dissolution précitée, comme on vient de le dire. Les vases étaient placés sur un banc haut de 0m40 fait en bois sec, entièrement goudronné, pour bien isoler la pile, précaution que l'inventeur paraissait recommander beaucoup. Au reste, les éléments et les pôles communiquaient entre eux comme à l'ordinaire, au moyen de bandes en cuivre et de vis de pression; les bandes à l'endroit où elles plongeaient dans la terre à 5 centimètres (2 pouces) au-dessus de la surface, étaient recouvertes avec un vernis de cire.

« Ces détails, en apparence superflus, me paraissent nécessaires pour ceux qui voudraient reprendre mes expériences; d'autant plus que les résultats obtenus paraissent contredire tout à fait l'opinion du célèbre physicien de Pétersbourg sur les effets de cette pile. En effet, l'action de cette pile a été très-faible; elle a complétement cessé au bout de trois jours; au bout de six jours, la pile a été démontée, et voici ce que nous avons pu observer:

« 1° Contrairement à la note en question, son action a commencé de suite, et, aussitôt que les deux pôles ont été mis en communication; au bout de quelques heures, elle a été à son apogée; ensuite elle a été en décroissant lentement, et après trois jours, elle a été presque nulle, comme on vient de le dire.

« 2° Pour exécuter fidèlement la prescription, le cuivre de deux couples seulement fut préalablement passé dans la solution de chlorhydrate d'ammoniaque, et exposé pendant quelques heures à l'action de l'air, opération que nous n'avons pas faite exprès, avec le cuivre de deux autres couples; cependant l'action de tous ces éléments a commencé à peu près dans le même temps et a marché avec la même force; la seule différence visible a été la corrosion plus prompte et plus marquée des cuivres passés dans la dissolution;

« 3° Quoique cette pile se trouvât dans une pièce dont le volume était au moins de 140 mètres cubes; que les croisées aient été toujours entr'ouvertes, et pendant le travail complétement ouvertes, les vapeurs rongeaient d'une manière effrayante tout ce qui était métallique, et surtout les ustensiles en fer; l'humidité y est devenue tellement grande, et les émanations si malfaisantes,

que l'on fut forcé d'interrompre le cours d'autres travaux du laboratoire; et cela non-seulement quand la pile a été en activité, mais alors même qu'elle a été démontée et jusqu'à l'évacuation complète de la terre; huit jours après, le laboratoire était inabordable, tant les émanations de la pile étaient délétères. Cela n'est pas étonnant quand on pense que l'eau, le sel et le terreau, pendant leur décomposition, activée et modifiée par l'électricité, pouvaient produire des combinaisons miasmatiques éminemment nuisibles à la santé.

« 4° Quoique l'on supprimât la communication des éléments et des pôles entre eux toutes les fois qu'on ne travaillait pas, cependant l'état de la pile n'était pas satisfaisant; les lames de communication des pôles ont été rongées, au point qu'elles sont d'elles-mêmes tombées au bout de quatre jours. Les cylindres en cuivre ont été rongés et percés d'une multitude de trous dans leur partie supérieure, à la hauteur de 30 centimètres (11 pouces). Entre ces trous, il y avait des intervalles intacts, ayant conservé leur éclat métallique. Leur partie inférieure, enfouie dans la terre, à la profondeur de 30 centimètres (11 pouces), était parfaitement intacte. L'élément zinc fut également, et par intervalles, rongé dans sa partie supérieure, mais sans être percé de trous; à peine sa partie inférieure fut-elle entamée, elle a même conservé son état métallique. Il paraît que ces effets sont dus à l'action de l'air dont l'accès a été facilité par la porosité de la terre. Cela pouvait avoir lieu surtout dans les intervalles où l'on ne travaillait pas. La dissolution qui recouvrait la surface de la terre disparaissait assez promptement, la corrosion du cuivre commençait ensuite.

« 5° Pour les frais de construction, que l'on croyait de peu d'importance, il suffit de dire que l'établissement de ces quatre couples, tout compris, a coûté environ 150 fr., quoique l'épaisseur du métal, comme on l'a vu, ne fût pas considérable.

« On voit donc que cette pile produit des émanations malsaines, que sa construction est coûteuse, qu'elle se dégrade promptement et qu'elle n'est pas à effet constant. Ainsi sous tous les rapports, elle ne nous paraît pas pouvoir être utile aux arts, et le silence des expérimentateurs, gardé depuis sa découverte, semblerait confirmer cette opinion. En la modifiant, peut-être pourrait-on construire un appareil utile, car il me semble que les résultats si peu satisfaisants sont principalement dus d'abord à l'isolement de la pile, parce qu'elle ne peut pas s'alimenter en puisant l'électricité dans le grand réservoir commun, et ensuite à ce que la pile n'a pas été profondément enfouie dans la terre, ou autrement préservée de l'influence de l'air, circonstance qui activait non-seulement la destruction des métaux, mais encore qui permettait à l'air de faire naître ainsi des courants opposés aux autres courants, ou de neutraliser l'électricité produite par le contact des métaux; et c'est peut-être à cela qu'on doit attribuer la cause de l'extrême faiblesse de cette pile, malgré ses dimensions assez considérables.

« Il me reste à dire quelque chose sur mes recherches dans le but de construire une pile qui répondrait aux conditions ici exposées; il est juste d'avouer que ces recherches m'ont été suggérées en lisant deux excellents articles sur la galvanoplastie et l'éclairage électrique insérés dans le *Technologiste.*

« Dans le rapport précité sur la pile du prince Bagration (Bagrathione), nous avons remarqué que M. Jacobi, le rapporteur, a trouvé de son côté une pile à effet constant, et probablement d'une longue durée, composée des plaques de cuivre et de zinc enfouies dans la terre humide de la cave. A la même époque, M. Bain, en Angleterre, a fait la même découverte; il a même appliqué ensuite cette sorte de pile aux mouvements des horloges marchant d'accord, plusieurs à la fois étant mises en mouvement par ce même moteur. Enfin ces piles enfouies dans la terre, et les télégraphes électriques, ont prouvé jusqu'à l'évidence ce que plusieurs savants ont déjà constaté, savoir: que la terre est un grand générateur et un bon conducteur du fluide électrique. Cette découverte constitue une époque, elle est devenue un axiome dans la science.

« Ainsi l'instrument, si peu connu dans les arts, va recevoir, grâce à cette découverte, d'immenses applications. La terre et l'atmosphère sont deux grands réservoirs du fluide qui vivifie les êtres organiques, combine et décompose les substances minérales. Au lieu de le chercher dans un verre et quelques gouttes de liquide, on ira le puiser dans notre globe, et dans l'air qui l'entoure. Quant à présent, la terre seule, à cause de sa conductibilité, peut servir à la construction de piles, dont la force est illimitée, et dont l'action uniforme peut durer plusieurs dizaines d'années. Il suffit d'enfouir dans la terre humide plusieurs plaques métalliques, et on obtient facilement une pile à effet constant, et sans émanations nuisibles à la santé de l'opérateur. On a déjà vu des piles pareilles, et on en trouve la description dans plusieurs écrits périodiques, et particulièrement dans l'article précité sur l'éclairage électrique; cependant, comme on ne peut pas toujours établir des piles enfouies dans la terre, faute de jardin, de cave, ou pour d'autres obstacles il serait quelquefois non-seulement plus économique, mais absolument nécessaire, de construire une pile analogue sans l'enfouir dans la terre; je vais donner une description d'une pile de ce genre, dont les avantages m'ont été indiqués par quelques essais en petit. Cet appareil se construit comme il suit:

« Une forte caisse en bois non résineux, ayant intérieurement de chaque côté 1m,25, d'une construction solide, à l'épreuve de l'eau, et munie au fond d'un gros robinet en bois, contiendrait une pile à un seul liquide excitant, savoir: de l'eau salée ou de

l'acide sulfurique très-affaibli. Les éléments seraient cuivre et zinc, ou cuivre et fer, ou bien fer et zinc, composés de plaques de 1 mètre (3 pieds) de surface chacune, placées verticalement dans le liquide, à la distance de 2 à 3 millimètres (1 ligne à 1 ligne 1/2) les unes des autres; l'épaisseur des feuilles en zinc serait de 5 millimètres (2 lignes), celle des feuilles de cuivre d'un millimètre. Ces plaques seraient retenues à la distance voulue avec des languettes en bois fortement goudronnées. La caisse poserait sur la terre humide ou au moins toucherait à un mur humide d'un rez-de-chaussée, etc. Les bandes et les fils métalliques de communication seraient bien recouverts avec un vernis flexible en caoutchouc, à l'endroit de leur contact avec le liquide excitant et à quelques centimètres au-dessus. Je suis persuadé qu'au moyen de cette construction, cette pile offrirait non-seulement de l'économie sur les premiers déboursés, et tiendrait peu de place, mais qu'elle présenterait encore les avantages suivants : elle n'a pas besoin de nettoyage, ce qui est déjà très-important; on peut, au moyen de robinets, diminuer plus ou moins son liquide excitateur pendant l'opération même, ce qui n'est pas possible avec les appareils enfouis dans la terre. Son action ne peut pas s'épuiser, parce qu'elle communique avec la terre par le bois de la caisse devenu humide. Elle est d'une construction très-simple, parce que les feuilles métalliques en parallélogramme ne demandent qu'à être coupées pour avoir cette forme; avantage que les piles à éléments cylindriques ne peuvent pas avoir. En discutant les avantages des différentes piles, il faut avouer que rien ne serait plus économique que la pile proposée par M. le duc Maximilien de Leuchtemberg; dans le cas surtout où l'on aurait de vieux tuyaux en fonte, on en pourrait construire une pile à effet constant, en faisant communiquer la fonte avec des cylindres de charbon placés dans des caisses ou tonneaux, et excités avec de l'acide sulfurique affaibli. Cet appareil pourrait marcher, en effet, pendant plusieurs années ; sa force ne serait limitée que par ses dimensions, et au moyen des robinets adaptés aux vases on pourrait diminuer les surfaces, et partant sa force. Sous ce dernier rapport, elle aurait un grand avantage sur les piles enfouies dans la terre. En plaçant les cylindres en fonte dans des vases poreux remplis d'acide sulfurique moins concentré que celui qui baigne le charbon, comme cela est indiqué par l'inventeur, on peut, en raison de la différence des densités des deux liquides excitants, augmenter considérablement l'énergie de cet instrument.

« Je crois que pour de grands appareils on pourrait éviter les inconvénients des membranes animales, ou de la terre poreuse, en leur substituant des vases faits en bois blanc très-mince. Enfin, en évacuant complétement le sulfate de fer quand la diminution de la force électrique l'exigerait, on obtiendrait un produit plus pur que tous ceux qui existent dans le commerce, produits dont la valeur pourrait même compenser les frais de construction et d'entretien de la pile. Ce procédé électro-chimique, où le sulfate de fer est un produit accessoire et utilisé à cause de sa bonne qualité, n'est plus une supposition ; c'est un fait réalisé déjà dans le grand établissement galvanoplastique du duc de Leuchtemberg, à Saint-Pétersbourg (*Kopzinski.*) »

PISTOLETS. — Les pistolets ne sont en réalité que des diminutifs de fusil qui se portent à la main ; leur construction est soumise aux mêmes règles. Nous n'avons pas à nous y arrêter longuement, et nous nous contenterons de parler de deux systèmes nouveaux qui ont eu un assez grand succès dans ces derniers temps, et n'ont pas d'analogie parmi les armes longues, les fusils. — *Voy.* ARMES.

Pistolets de salon, à poudre fulminante. — Depuis quelques années il a été construit de petites armes qui, sous le nom de pistolets de salon, ont pu servir de moyen de distraction. M. Flobert, de Paris, a construit le meilleur modèle. Son arme est de l'espèce de celles qui se chargent par la culasse; mais elle a cela de particulier, que c'est la culasse elle-même qui, prenant une forme analogue à celle du chien des pistolets ordinaires, vient percuter sur la cartouche placée dans le canon afin de déterminer l'explosion. Cette cartouche n'est en réalité qu'une fort grosse capsule du calibre du pistolet, légèrement évasée à la partie postérieure. On conçoit dès lors que la cartouche n'entrera pas complétement dans le canon, et que la percussion qui viendra la frapper écrasera un petit rebord contenant des parcelles de poudre fulminante et déterminera l'inflammation. Dans cette arme, la poudre fulminante est la seule cause de la projection de la balle ; on n'emploie pas de poudre ordinaire. Disons que ce rebord permet aussi de retirer la cartouche en armant le chien, auquel la cartouche se trouve accrochée par son écrasement.

Les effets ne se bornent pourtant pas, comme on pourrait le croire, à ceux qui pourraient être nécessaires pour un simple amusement, si l'on augmente la proportion de poudre fulminante et le calibre de l'arme. Nous avons vu des balles tirées à 90 pas, et qui sont écrasées de manière à prouver qu'elles eussent été fort dangereuses à pareille distance. Pour produire de semblables effets avec la poudre fulminante, l'inventeur a dû trouver une disposition qui empêchât le chien de se relever par la réaction ; il y est parvenu en le garnissant d'une pièce articulée qui vient résister à cette réaction en s'appuyant sur le bois du pistolet, tandis qu'elle rentre lorsque l'on arme.

L'idée d'employer la poudre fulminante, poudre essentiellement brisante, si on chargeait de la même manière qu'avec la poudre de chasse, a conduit l'inventeur à retrouver les conditions d'emploi de cette poudre, con-

ditions que M. Piobert avait déjà déterminées. Elles consistent à laisser entre la poudre et le projectile une chambre de grandeur suffisante pour que l'inertie de la balle ne soit vaincue que par des gaz dont la tension varie en raison de cette capacité. Il va sans dire que le système des pistolets de salon n'est applicable qu'à des explosions d'une intensité limitée ; il faut en effet que la capsule, seule fermeture du canon, offre assez de résistance pour s'opposer à l'explosion, et d'un autre côté pour être facilement écrasée par la chute du chien.

Revolver. — On donne ce nom à une nouvelle arme inventée en Amérique, et qui y a eu un grand succès. Nous voulons parler de ces pistolets à six coups qui n'ont qu'une seule batterie. Le canon, formé de six canons accolés, fait un sixième de rotation chaque fois que l'on arme le chien, et vient se mettre en position telle que le chien puisse percuter la capsule. La difficulté de bien exécuter ce mécanisme est assez grande, eu égard surtout à la fatigue causée par l'explosion ; cependant les constructeurs américains y ont fort bien réussi, et à l'Exposition de Londres on a admiré des revolvers fort bien construits (1).

PLOMB. — Le plomb est un métal connu dès la plus haute antiquité ; il est d'un blanc bleuâtre, très-éclatant lorsqu'il vient d'être râclé. Il n'a presque pas de saveur, mais il possède une odeur particulière assez prononcée; il est très-mou, se laisse rayer avec l'ongle, et tache en gris bleuâtre, par le frottement, les corps et les papiers. Il est malléable et ductile, et peut être réduit en feuilles très-minces au laminoir ou au marteau. Sa tenacité est très-faible, et il se rompt sous un poids de 2 k. 85 par centimètre carré de section. Sa densité est de 11,445. Son point de fusion varie de 326° à 340, suivant sa pureté, et à la température d'un feu de forge (130° du pyromètre de Wedgwood), et dans un creuset brasqué, il s'en volatilise 1/10° dans une heure. Il se ternit promptement au contact de l'air, et se recouvre d'une pellicule noirâtre qui forme vernis, et qui est regardé par Berzélius comme un sous-oxyde. Chauffé jusqu'à fusion, le plomb se recouvre d'abord d'une pellicule irisée d'oxyde, puis les couleurs disparaissent, et on voit surnager sur le bain de l'oxyde jaune pulvérulent. Lorsque la chaleur est portée au rouge, l'oxyde lui-même se fond, le plomb s'oxyde très-rapidement et répand dans l'atmosphère des vapeurs qui brûlent avec une flamme d'un blanc livide, et qui sont connues sous le nom de fumée de plomb. Le plomb, au contact de l'air, à une température élevée, paraît pouvoir absorber une faible quantité de l'oxyde qui se forme alors à sa surface, et devenir très-cassant. Le plomb ne décompose sensiblement la vapeur d'eau qu'à la chaleur blanche. L'acide hydrochlorique, concentré et bouillant, l'attaque à peine; il décompose au rouge cet acide à l'état gazeux. L'acide sulfurique ne l'attaque que lorsqu'il est concentré et bouillant, et le transforme alors en sulfate insoluble. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent alors avec la plus grande facilité, même à froid et étendus. Le plomb s'oxyde facilement au contact de l'air, en présence des acides les plus faibles, et même de l'eau. Il se recouvre, dans ce dernier cas, d'une pellicule blanchâtre d'hydrate d'oxyde, qui est légèrement soluble dans l'eau, et lui communique une saveur un peu sucrée, et la propriété de devenir laiteuse au contact prolongé de l'air, en donnant lieu à un précipité d'un carbonate de plomb. On peut faire cristalliser cet hydrate d'oxyde dans le vide ; lorsque l'eau renferme une très-faible portion de matières salines, comme l'eau de source ou de puits, l'hydrate de plomb ne s'y dissout plus sensiblement. Le plomb s'attaque très-bien par voie sèche, par le nitre. Il se combine facilement avec toutes les gazolites, excepté l'hydrogène, le bore, le silicium et le carbone. Il s'allie avec presque tous les métaux, excepté avec le fer. L'alliage avec l'antimoine et un peu d'étain forme les caractères d'imprimerie, le pewter, etc. L'alliage de 2 parties de plomb et 1 partie d'étain constitue la soude des plombiers ; l'alliage à parties égales de plomb et d'étain forme la soude des ferblantiers. Ce dernier alliage est très-combustible, et donne, lorsqu'on le chauffe au rouge, un mélange ou combinaison d'oxydes de plomb et d'étain connu dans les arts sous le nom d'alliages fusibles. Enfin, le plomb a une grande affinité pour l'or et l'argent, et on utilise dans les arts cette propriété pour séparer ces derniers métaux des matières terreuses ou ferreuses qui les accompagnent. On les sépare ensuite du plomb par la coupellation.

Ce premier article que nous empruntons, ainsi que les deux suivants, au *Dictionnaire des arts et manufactures*, nous a paru une préface nécessaire aux procédés industriels qui vont suivre.

PLOMB DE CHASSE, ou **Plomb granulé**. Le plomb acquiert la propriété de se granuler par l'addition d'une certaine quantité d'arsenic, d'autant plus grande qu'il est plus aigre, c'est-à-dire plus antimonial : cependant on le fabrique presque toujours avec les plombs aigres venant de la réduction des litharges noires, à cause du bas prix auquel on les trouve dans le commerce. On ajoute à peu près 0,003 d'arsenic au plomb doux, et jusqu'à 0,008 d'arsenic aux plomb aigres. Le mélange d'arsenic se fait de deux manières, soit en préparant d'abord un plomb très-chargé d'arsenic que l'on ajoute ensuite en certaine proportion au plomb à granuler, soit en introduisant directement dans les bains de plomb ; ordinairement à l'état de sulfure ou orpiment, si la quantité d'arsenic ajoutée est trop forte, les grains sont lenticulaires, lorsque, au contraire, elle est trop faible, les grains forment la queue, ils s'allongent davantage et on a encore un creux

(1) Extrait du *Dict. des Arts et Manufactures*.

vers le milieu. On fond à la fois, dans une chaudière en fonte, 2,000 à 2,500 ki.. de plomb sous une couche de cendres et de poussiers de charbon ; quand le plomb est fondu, on enlève à l'aide d'une écumoire les crasses et les cendres qui sont à la surface du bain, et on y introduit par petites portions le sulfure d'arsenic ou l'alliage de plomb et d'arsenic, en brassant la matière à chaque addition, et on enlève au fur et à mesure les crasses qui se forment. On essaye de temps en temps le bain pour reconnaître s'il renferme assez d'arsenic pour donner des grains bien sphériques. Lorsqu'on est arrivé à ce point, on verse le plomb sur les passoires demi-sphériques en tôle percées de trous parfaitement ronds, dont les dimensions varient suivant les numéros du plomb que l'on veut obtenir ; ces passoires sont placées sur des espèces de réchauds et entourées de charbons allumés pour y empêcher le plomb de s'y liger ; elles sont placées au-dessus de tours ou de puits profonds au bas desquels se trouvent des cuves à demi pleines d'eau destinées à recevoir le plomb granulé à mesure qu'il se forme. On garnit intérieurement les passoires avec les dernières crasses retirées du bain, et qui sont blanches et poreuses ; le plomb que l'on verse dessus doit avoir une chaleur telle qu'il filtre au travers, de manière à se diviser en gouttes et à se grenailler en passant par les trous des passoires. Les grains que l'on obtient dans une même passoire ne sont pas toujours égaux ; on les classe au moyen de cribles de différentes grosseurs ; on en sépare ensuite les grains qui ne sont pas bien ronds, en faisant couler le plomb sur des tables en bois inclinées ; les grains informes s'arrêtent en route et sont mis à part pour être refondus, tandis que ceux qui sont bien ronds, animés d'une plus grande vitesse, continuent leur marche. On lisse enfin ces grains en les faisant tourner avec un peu de graphite en poudre dans des tonneaux traversés par un axe horizontal en fer.

PLOMB LAMINÉ. — Lorsqu'on veut obtenir du plomb en feuilles, on le coule ordinairement en plaques, sur table, et on le lamine à froid. Quelquefois on le coule sur des tables en pierre légèrement inclinées ; dans ce cas, il faut que la feuille n'ait pas plus de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, sans quoi la table se fendrait par suite de l'excès de chaleur qui résulterait d'une trop forte masse de plomb sur une toile de coutil graissée avec du suif, bien tendue et inclinée d'environ un sixième. Dans tous les cas, on coule le plomb à une température très-basse, et telle qu'un morceau de papier plongé dans le bain s'y charbonne rapidement sans s'enflammer. — *Voy.* LAMINOIR.

PLONGEUR (CLOCHE DE). — Invention qui a rendu aux sciences de très-utiles services, et qui a permis à l'homme de travailler sous l'eau avec sécurité et profit. Avant que Halley fût parvenu à remédier aux graves inconvénients que présente la cloche du plongeur, de premières tentatives avaient eu lieu pour permettre à l'homme de vivre et de rester dans un élément pour lequel ses organes ne sont point faits. L'histoire des arts nous apprend en effet que sous le règne de Charles-Quint, deux Grecs demeurèrent sous l'eau, en sa présence, dans une cuve renversée, ayant en main une lumière, et qu'ils en sortirent sans être mouillés. Mais ce n'est que depuis que Halley s'est occupé de perfectionner la cloche à plongeur, et que les ingénieurs anglais Smeaton et Rennie en ont fait l'objet de leurs études, qu'elle est devenue une invention pratique ; et on l'applique maintenant soit à retirer du fond de l'eau des corps qui y sont plongés, soit à des constructions sous-marines. La plus parfaite est celle qui est en activité à Plymouth et à Londres. Sa forme est celle d'un tronc de pyramide quadrangulaire, de 2 mètres de haut, sur 2 de longueur et 1 de largeur, le tout coulé en fonte de fer, pour éviter de la lester. Des bancs mis dans son intérieur permettent aux ouvriers de s'asseoir, et leurs pieds reposent sur une planche placée à 6 pouces de ses bords inférieurs. Une autre planche, à la hauteur des épaules, reçoit des outils, de la craie pour écrire les messages ; des verres lenticulaires, solidement fixés dans sa partie supérieure, laissent pénétrer la lumière, et l'on peut parfaitement écrire. Il est d'ailleurs facile d'y allumer des bougies.

Lorsqu'on veut communiquer avec l'extérieur, le plongeur donne une secousse à une corde attachée à un anneau, et à l'extrémité de laquelle est fixé un bout de planche sur laquelle il écrit ses renseignements ; le directeur des manœuvres, placé dans un bateau, tient à son bras l'autre extrémité de la corde, amène le message et y répond par le même moyen. Pour entrer sous l'appareil, on l'élève au-dessus de l'eau de trois ou quatre pieds, les plongeurs, placés dans un bateau, s'avancent immédiatement et s'asseyent sur le banc, lorsque la cloche descend graduellement. Au moment où elle touche la surface supérieure de l'eau, les plongeurs éprouvent une douleur dans les oreilles, due à la condensation de l'air dans la cloche, lequel s'échappe à grand bruit par-dessus ses bords. Lorsqu'elle est entièrement plongée, la douleur des oreilles est beaucoup plus vive : on la soulage en s'efforçant comme si on voulait le faire sortir par ses oreilles, de chasser l'air qu'on peut retirer de ses poumons, ou en avalant sa salive, en ayant soin de fermer à la fois sa bouche et ses narines. Même à une profondeur de 20 pieds, la lumière est très-intense : si l'eau est limpide, on y voit mieux que dans beaucoup d'appartements ; si l'eau est boueuse, il faut faire usage de la lumière. L'expérience a également prouvé que la chaleur produite par les rayons solaires n'est pas détruite par leur passage à travers le liquide. Si on les concentre sur des matières inflammables, elles prennent feu.

Les travaux que l'on exécute sous la cloche sont très-variés ; on peut l'employer même

à faire sauter des roches sous l'eau, et en Irlande cela se fait souvent. On est à l'abri de tout danger lorsqu'il y a douze pieds d'eau au-dessus de la mine que l'on fait jouer. On a fait aussi une belle application de la cloche du plongeur à l'époque où l'eau de la mer se fit jour dans les travaux de construction du fameux *Tunnel*. Elle fut employée par le célèbre ingénieur Brunel pour découvrir les trous et remédier de suite à l'infiltration des eaux, en jetant sur la ligne indiquant l'axe du tunnel une grande quantité de matières imperméables.

Cette cloche n'est pas le seul appareil qu'on ait imaginé pour se diriger sous l'eau. Parmi les autres, nous citerons le *bateau-plongeur*, de l'américain Fulton, dont l'essai se fit en France en 1801, et qui réussit parfaitement. Fulton resta à la profondeur de 25 pieds pendant plusieurs heures, avec trois autres personnes, et parvint à manœuvrer son bateau en tous sens. Il avait atteint son but en condensant l'air à 20 atmosphères dans une sphère creuse en cuivre d'un pied cube de capacité, ce qui mettait à sa disposition 200 pieds cubes d'air pour renouveler. Le célèbre M. Babbage, ingénieur anglais, a présenté un autre appareil fort ingénieux, au moyen duquel on pourra faire respirer, dans un bateau, quatre personnes pendant plus de trois jours.

Nous compléterons cet aperçu sur la cloche du plongeur, emprunté à l'*Encyclopédie des gens du monde*, par un mémoire de M. Mougel sur les *bateaux plongeurs à air comprimé*.

« Parmi les machines employées dans les travaux hydrauliques, celles qui sont connues sous le nom d'*instruments plongeurs à air comprimé* offrent les plus grandes ressources, soit pour la surveillance, soit pour l'exécution.

« S'agit-il en effet de fixer une étoile, un boulon, d'attacher un cordage ou de chercher un objet tombé dans l'eau à une grande profondeur, le masque à plongeur permet d'exécuter ces divers travaux avec facilité et promptitude. Est-il question de s'assurer que le coulage du béton s'opère avec régularité, qu'une plate-forme repose parfaitement sur des pieux recepés à cette fin, la cloche du plongeur remplit ces fonctions de la manière la plus satisfaisante. Il en est de même lorsqu'il faut aller nettoyer des sources qui surgissent du béton mal coulé, pour les remplir ensuite avec du mortier hydraulique, sans crainte de délavage; lorsqu'il s'agit de visiter le radier d'une écluse ou d'un bassin et l'arrière-radier d'un barrage pour y faire les réparations nécessaires; lorsqu'il faut faire des mines sous l'eau, etc.

« En présence de si grands avantages, il semblerait que l'emploi de ces instruments aurait dû prendre une grande extension dans nos ports de mer principalement, et on est surpris de voir que, dans la plupart de ces ports, il n'existe point de ces instruments, et que dans les autres où il s'en trouve, on en fait peu d'usage. Cela tient, je crois, à deux causes principales, qui sont : 1° le manque de sécurité, 2° le défaut d'espace.

« 1° En prenant pour exemple la cloche anglaise qui est d'une seule pièce en fonte, on voit que cette cloche qui pèse sept tonneaux, est suspendue à une chaîne, et manœuvre par un treuil. La chaîne éprouvée pour supporter un poids double, est peinte au minium pour empêcher l'oxydation, mais par l'usage elle s'affaiblit, se rouille en quelques points, et de plus reçoit des chocs dans la manœuvre du treuil.

« Au moment où l'on s'y attend le moins, la chaîne peut casser, et les hommes qui sont dans la cloche, sont perdus sans rémission. Il en sera de même si le tuyau qui conduit l'air comprimé à la cloche vient à se rompre par quelques circonstances imprévues.

« Quant au masque à plongeur, les chances d'accident sont encore plus nombreuses; si le sang se porte à la tête, comme je l'ai vu, l'homme est mort. Si le plongeur s'embarrasse les pieds dans l'échelle, ou fait un faux pas, et que sa tête perde la verticale, l'eau entre dans le masque, et comme il ne peut pas s'en dépouiller immédiatement, sa perte est certaine.

« 2° Les cloches de plongeur ayant 1 mètre 70 de long sur 1 mètre 30 de large, il est impossible qu'il y ait plus de deux travailleurs et d'un surveillant à la fois. Si donc il s'agit de réparations importantes à faire à un grand travail, il faudra un temps énorme pour en voir la fin; d'un autre côté, il est bien difficile que dans un si petit espace on puisse faire manœuvrer de gros blocs de pierre, et à chaque morceau il faut changer de place. Aussi, quoiqu'on ait construit des quais tout entiers avec la cloche de plongeur, on a abandonné cette méthode comme trop longue et trop coûteuse à la fois. Pénétré de tous ces inconvénients par le long usage que j'ai fait des instruments plongeurs, qui m'ont rendu d'ailleurs de si grands services, j'ai cherché à augmenter la somme des avantages qu'ils présentent tout en supprimant leurs défectuosités. Voici dans quelles circonstances je me trouvais placé.

« Le radier du barrage coulé en béton, entre deux piles de pieux jointifs, a une largeur de 34 mètres sur une longueur de 1,017 mètres, et se trouve à deux mètres au-dessous de l'étiage réel. Pour faire le pavage du radier et élever les piles, j'ai établi des batardeaux sur une partie même du radier de 2 mètres de largeur. C'est cette partie qu'il s'agissait de construire sous l'eau pour la raccorder avec le pavage. Il y a, en outre, un arrière-radier de 12 mètres de largeur, dont la crête inférieure se trouve à 4 mètres 50 au-dessous de l'étiage. Pour pouvoir non-seulement visiter le radier et l'arrière-radier, mais encore y faire les réparations que les circonstances exigeaient, j'ai voulu une cloche de 8 mètres de longueur, 6 mètres de largeur, et allant à une profondeur de 6 m. 50. Après

avoir bien étudié tous les systèmes en usage jusqu'à ce jour, je me suis déterminé a adopter le principe appliqué par M. Cavé à une de ses dragues, en lui donnant les développements nécessaires pour faciliter les opérations que devait exécuter la machine. Après une correspondance suivie entre cet habile constructeur et moi, nous nous sommes arrêtés à la disposition dont je dois rendre compte.

« La machine se compose : 1° d'un bateau en tôle de 5 millimètres d'épaisseur, ayant 33 mètres de longueur sur 1m,30 de largeur. Il a, dans son milieu, une ouverture de 8 mètres de longueur sur 6 mètres de largeur, un peu arrondie dans les angles; cette ouverture, servant de fourreau à la cloche, est revêtue de montants en bois très-rapprochés, qui sont comme des guides, pour empêcher la cloche de déverser dans le sens du courant du fleuve; 2° d'une grande chambre en tôle de 15 mètres de longueur et 5 mètres 40 de hauteur, dite *chambre à air*, et d'une antichambre également en tôle, qu'on pourrait appeler *écluse à air*, car elle sert à passer de la pression extérieure à la pression intérieure, au moyen de deux robinets communiquant l'un avec l'intérieur, l'autre avec l'extérieur. La chambre à air est consolidée par des montants en bois, des boulons et des tirants en fer. Elle a une galerie supérieure sur laquelle sont fixés deux forts treuils pour monter ou descendre la cloche qui n'est autre chose qu'une caisse en tôle de 5 millimètres, ouverte par le bas et par le haut; vis-à-vis de ces deux treuils et y en a deux autres plus petites pour le levage et la descente des matériaux. Outre le fourreau qui maintient la cloche dans sa descente, il y a encore les quatre fortes aiguilles en fer placées aux 4 angles arrondis, et passant dans les armatures de la cloche, que l'on enfonce dans le terrain à coups de maillet et qui maintiennent ainsi cette cloche contre les mouvements de l'eau. L'intérieur de la chambre à air est éclairé par une série de lentilles placées tant sur le toit que contre les parois verticales.

« Pour empêcher les fuites d'air entre la cloche et son fourreau, une chemise en cuir gras est fixée hermétiquement, d'une part, au bord supérieur du fourreau, et de l'autre, au bord supérieur de la cloche.

« 3° D'une machine à vapeur de la force de 10 chevaux donnant le mouvement à une pompe à air aspirante et foulante, qui communique par un tuyau avec la chambre. Il y a également deux pompes à eau aspirantes et foulantes dont on fixe les tiges au balancier quand on veut employer le bateau aux épuisements.

« 4° D'un ensemble de treuils, bittes, galoches et poulies placés sur le pont du bateau pour la manœuvre. Il y a en outre deux cadrans indicateurs qui, dans leur mouvement rotatif, agitent une sonnette. Ils sont destinés à communiquer l'un avec le machiniste, l'autre avec le chef de manœuvre. Enfin, quand on veut cesser de travailler, il y a un disque circulaire qui s'ouvre au moyen d'un levier et laisse échapper l'air comprimé.

« Avant de dire tout ce qu'on peut obtenir avec un pareil bateau, il ne sera pas inutile de rapporter les expériences qui ont été faites avant sa mise en train. On avait mis trois rangs de ceintures en bois tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de la chambre à air pour maintenir ses parois contre la poussée de l'air comprimé; à l'essai, des fuites se sont fait sentir par tous les boulons qu'on ne pouvait rendre étanches : il a fallu supprimer toutes ces ceintures doubles, et on a laissé seulement deux ceintures simples afin de pouvoir étancher les fuites qui se font autour des boulons. La cloche avait neuf rangs de feuilles de tôle de 0m70 de largeur, ce qui faisait une hauteur totale de 6m30 pour la cloche, et, comme on peut encore la descendre à 1 mètre dans son fourreau, cette disposition permettrait d'atteindre une profondeur de 7m30 au-dessous du niveau. Mais on n'a pu dépasser la profondeur de 4m75, car les parois du bateau commençaient à fléchir, et il se faisait des fuites d'air par les ceintures et boulons des cornières, telles qu'on ne gagnait plus rien. La tôle même s'est déchirée à l'endroit où les grands boulons verticaux relient le fond du bateau à la couverture de la chambre à air, et on a dû placer sous les écroux des pièces en fer qui reportent la pression sur les cornières voisines. Ces essais m'ont donné la preuve que l'épaisseur de la tôle aurait dû être au moins de 6 à 7 millimètres, et les cornières placées à l'extérieur comme les cercles d'une barrique et plus rapprochées. En effet, les cornières étant placées à l'extérieur, la tôle viendrait d'elle-même s'appuyer sur elles, tandis que maintenant ce ne sont que les boulons des cornières qui retiennent la tôle, et il n'est pas rare que quelques-uns de ces boulons viennent à se rompre. La section de la cloche étant d'environ 40 m. carrés, chaque mètre de profondeur gagne sur l'eau par la compression de l'air, allége le bateau d'un poids de 40 tonneaux, ce qui, pour 4m75 de profondeur, fait un allégement de 190 tonneaux correspondant à un relèvement du bateau de 0m98 environ; or, le bateau tout armé ne cale que 0m65; pour lui donner de la stabilité, il est donc nécessaire d'y mettre un fort lest; c'est ce qui a été fait en plaçant 280 tonneaux de gueuses de manière à lui faire caler 1m10.

« Ne pouvant arriver qu'à 4m75 de profondeur sous l'eau, j'ai supprimé quatre rangs de tôle, ce qui réduit la hauteur de la cloche à 3m50; en l'abaissant de 1m25 au-dessous du bord supérieur du fourreau, j'obtins la hauteur sus-mentionnée, qui est plus que suffisante pour les besoins de mes travaux. Depuis trois mois que deux de ces bateaux travaillent, il y a eu à peine quelques heures d'arrêt. L'un est placé contre les batardeaux à épuiser et les maintient à sec en travaillant jour et nuit; l'autre est employé à visiter les parties du radier qui doivent être enceintes d'un batardeau, et à remplacer

le béton délavé par du béton frais et posé en quelque sorte à sec.

« Voyons maintenant les avantages qu'on peut tirer de ce système. 1° La sécurité est complète : car supposons, par impossible, que tout l'air comprimé de la chambre vienne à disparaître, quatre échelles en fer, faisant partie de la cloche même, sont là pour recevoir les ouvriers qui remontent ainsi dans la chambre. 2° On peut travailler jour et nuit dans la cloche avec la plus grande facilité, et mettre à la fois quarante ouvriers dans la cloche et autant pour le service. Il y a un grand espace pour déposer les approvisionnements, et des treuils pour le levage des matériaux, quand il s'agit de matériaux de petit volume, comme béton, moëlon, mortier, etc. On peut faire un service continue au moyen de l'écluse à air qu'on remplit de ces matériaux pour les faire entrer dans la chambre. 3° On peut faire toutes les réparations possibles sous l'eau, en prenant le bateau comme réservoir d'air comprimé. Supposons, en effet, qu'il s'agisse de refaire la chambre des portes d'une écluse de 16 mètres de longueur sur 10 mètres de largeur, il suffira pour cela de construire une chambre en tôle de 6 mètres en carré, ayant la hauteur voulue avec son antichambre, et de suspendre cette chambre à l'arrière d'un ponton au moyen d'un système de bigues inclinées, avec treuil, palan, etc.; on descend cette chambre à l'endroit du travail, on la charge convenablement ou bien on l'étrésillonne suivant la localité, et au moyen d'un tuyau flexible on amène l'air comprimé du bateau dans cette chambre, et on travaille comme si on était dans le bateau même. Lorsque le travail est fini dans ce premier emplacement, on dégage la chambre pour la reporter un peu plus loin, et ainsi de suite. On peut échancrer le bas de la cloche là où cela est nécessaire, et y ajouter des feuilles de tôle suivant certaines formes, pour obtenir toujours que la place où l'on travaille soit étanchée. C'est là un véritable batardeau beaucoup plus simple et plus économique que ceux que l'on emploie ordinairement. 4° On peut aveugler de fortes sources qui se manifestent dans certains ouvrages, comme les bassins de radoub, par exemple, en tenant ces bassins à sec par les moyens ordinaires. Qu'on imagine, en effet, une caisse en tôle ouverte seulement par le bas, munie de lentilles qui permettent de voir ce qui se passe dans l'intérieur, d'un manomètre extérieur indiquant la pression à l'intérieur, surmonté d'un récipient à double robinet comme ceux qui servent à graisser les pistons des machines à vapeur. Si cette caisse a en outre une petite ouverture par le bas qui se ferme à frottement, et si elle se trouve en communication au moyen d'un tuyau avec le bateau-plongeur, rien ne sera plus facile que d'aveugler les sources. Il suffit de nettoyer et approfondir la source, placer ensuite la caisse sur l'endroit ainsi disposé, et après l'avoir convenablement chargée, exercer la pression à l'intérieur en fermant l'ouverture du bas. Lorsque le manomètre indique une pression suffisante, on remplit le récipient de ciment romain presque liquide, qui par la manœuvre des robinets descend dans la partie mauvaise et s'infiltre par toutes les voies qui donnaient issue à l'eau. Lorsque l'endroit à boucher est bien rempli, il suffit de maintenir la pression pendant quelques heures pour que le ciment se durcisse, et l'opération est terminée. 5° Le plus grand avantage qu'on retirera des bateaux-plongeurs (*Voy. ce mot*) se trouvera dans leur application à la construction des ponts. Quand on songe à ce que coûte l'établissement d'un batardeau, les frais d'épuisement qu'il exige et les inconvénients qu'il présente, on est surpris que le système des batardeaux soit encore employé par un grand nombre d'ingénieurs. Il est vrai qu'en Angleterre, où il est presque exclusivement usité, le sol argileux des vallées et des fleuves se prête très-bien à ce système; mais les ingénieurs anglais transportent partout cette méthode avec eux. C'est ainsi que sur le Danube on a exécuté les piles et les culées d'un pont suspendu au moyen de batardeaux ou *cofferdam*, ayant une triple enceinte de pieux jointifs. Malgré ces précautions et ces dépenses, il fallait encore une machine à vapeur de 12 à 15 chevaux pour les épuisements, car le sol du fleuve, au lieu d'être argileux, était composé de sable et de graviers.

« Supposons que les piles à établir aient 12 mètres de longueur sur 4 mètres d'épaisseur. Si on construit une cloche qui ait 14 mètres de longueur, 6 mètres de largeur, et pour hauteur la profondeur de l'eau au-dessus des fondations; que cette cloche soit placée dans une chambre à air établie sur deux bateaux espacés entre eux d'un peu plus de 6 mètres pour le jeu de la cloche, rien ne sera plus facile que de faire, au fond de l'eau, toutes les opérations que réclamera la construction de la pile, comme battage et recepage des pieux, pose d'un cadre en charpente, maçonnerie, etc. Il y a plus, avec ce système, aucune crainte que les batardeaux soient submergés et encombrés par une crue subite du fleuve; car la cloche fait fonction d'un batardeau parfaitement étanché et mobile qu'on lève ou qu'on abaisse à volonté. Une fois la pile faite, il suffit d'enlever quelques feuilles de tôle pour retirer le bateau et l'amener sur l'emplacement de la seconde pile.

« Je pense donc que le nouveau bateau-plongeur, quand il sera bien connu des ingénieurs, sera appelé à rendre de grands services, sinon à faire une révolution dans l'art des travaux hydrauliques. Je ne prétends pas qu'il puisse servir partout et dans toutes les circonstances, mais je crois que dans la plupart des grands travaux il remplacera, avec avantages, les batardeaux et même l'emploi du béton. Je termine cette notice par quelques observations pratiques.

« La cloche du bateau décrit, ayant neuf rangs de feuilles de tôle formant ensemble une hauteur de 6m,30, pesait 15 tonneaux, toute complète. Les chaînes qui la suppor-

tent n'ayant que 15 millim. d'épaisseur, leur ensemble ne pouvait supporter avec sécurité 12 tonneaux; il fallait d'ailleurs quatorze hommes aux treuils pour la manœuvrer. Ces considérations m'ont engagé à mettre une poulie, et, par conséquent, un brin de chaîne de plus, de sorte qu'au lieu de huit brins il y en a douze. Alors dix hommes ont manœuvré facilement la cloche, tant pour la monter que pour la descendre. Malgré cette modification, je pense qu'il serait beaucoup plus avantageux d'établir, dans la chambre à air, un cylindre à vapeur de la force de 2 chevaux, qui recevrait la vapeur de la chaudière au moyen d'un tuyau à robinet, et qui ferait mouvoir la cloche quand il serait nécessaire. C'est par ce procédé *qu'on fournit* de l'eau à la chaudière. »

PLUMES MÉTALLIQUES. — Depuis quelques années, on se sert beaucoup, à la place de plumes d'oie qu'il faut sans cesse tailler, de plumes métalliques en acier, taillées au moyen d'emporte-pièces, d'étampes, etc., dans des feuilles d'acier laminées. Actuellement on emploie très-souvent de la tôle de fer, ce qui est plus économique, et on acière les plumes fabriquées, en les faisant recuire dans des pots avec du charbon. Cette fabrication, du reste, n'offre rien de particulier.

POISSONS. — Notre objet est de rapprocher dans cet article plusieurs procédés épars, relativement aux poissons, et à quelques avantages particuliers que le commerce et l'industrie savent en tirer. On sent que ce n'est pas dans ce Dictionnaire que l'on doit traiter l'histoire naturelle des poissons, ainsi que les pêches et autres connaissances de cette grande peuplade du règne animal.

Castration du poisson — M. Tull, célèbre physicien anglais, voyant que le poisson multipliait trop dans ses étangs, ce qui l'empêchait de grossir, ayant réfléchi un instant sur l'effet de la castration sur les animaux terrestres et sur les oiseaux, pensa par analogie que cette opération devait réussir et produire le même effet sur les poissons; en conséquence, il essaya d'en châtrer, en enlevant aux femelles l'ovaire, et aux mâles les vaisseaux spermatiques, et substituant à la place un morceau de chapeau noir. Le poisson languissait quelques instants, mais bientôt après il reprenait toute son activité et s'enfuyait sous les eaux. Cette castration arrêta la multiplication successive, son poisson devint de la plus grande beauté, eut l'avantage d'être agréable au goût en toute sorte de temps; au lieu que le poisson d'eau douce n'est point bon, comme on le sait, dans le temps du frai; et ce poisson castré surpasse même les autres en délicatesse de goût, autant qu'une poularde surpasse un coq et un bœuf gras un taureau.

L'expérience lui apprit que le temps le plus favorable pour cette opération est lorsque les ovaires sont remplis de leurs œufs et que les vaisseaux du mâle, qui sont analogues aux ovaires, sont pleins de leur matière séminale; car alors on les distingue plus facilement des uretères qui sont situés près de ces vaisseaux; si on ne faisait cette opération qu'après le frai, le poisson serait trop faible et ne pourrait point la supporter facilement; pourvu qu'elle soit bien faite, il n'en meurt que très-peu. Pour castrer le poisson il faut le tenir dans un morceau de drap mouillé, le ventre en haut, ensuite avec un canif bien tranchant dont la pointe est courbée en arrière, l'opérateur fend les téguments de la coiffe du ventre, en évitant de toucher à aucun des intestins. Sitôt qu'il a fait une petite ouverture, il glisse un canif crochu avec lequel il dilate cette ouverture, depuis les deux *nageoires* du devant jusqu'à l'anus, comme le dos de l'instrument n'est pas tranchant, il ne blesse point les *intestins*; ensuite avec deux petits crochets d'argent qui ne piquent pas, et, à l'aide d'un assistant, il tient le ventre du poisson ouvert et écarte avec soin les intestins avec une *spatule* ou cuillère. Quand ils sont écartés, on aperçoit l'uretère qui est un petit vaisseau placé à peu près dans la direction de l'épine, et en même temps l'ovaire qui est un vaisseau plus gros paraît immédiatement devant, et plus proche des téguments du ventre. On prend ce dernier vaisseau avec un crochet, et le détachant par un côté assez pour ce que l'on veut faire, on le coupe transversalement avec des ciseaux bien tranchants, en observant toujours de ne point blesser les intestins. Comme les ovaires ainsi coupés pourraient se réunir, ce qui empêcherait l'effet de l'opération, M. Tull en a souvent coupé un bout sans que le poisson en soit mort. Quand on a ainsi coupé un ovaire on procède la même manière pour couper l'autre; on recoud les téguments séparés du ventre avec de la soie, en ayant soin de faire les points de *couture* bien drus et proches les uns des autres.

Le temps du frai arrive suivant les espèces de poissons; on doit se régler là-dessus pour la castration. Les truites fraient à Noël, les perches en février, les brochets en mars, et les carpes en mai.

De la pisciculture. — Les anciens Romains, qui furent nos maîtres dans l'étude des sciences économiques, s'occupaient beaucoup de l'art d'élever les poissons (1).

Columelle, Térence, Varron, Caton, ont écrit sur l'importance des étangs et piscines, sur les dépenses et les revenus qu'occasionnait leur entretien, car c'était une branche très-importante d'économie domestique; mais elle devint d'un luxe tellement grand, que les législateurs exercèrent une censure répressive à cet égard. On sait que les riches patriciens, afin d'avoir continuellement à leur disposition une nourriture de prédilec-

(1) La notice que l'on va lire est extraite d'un savant et consciencieux travail de M. Ladmiral sur la grande question industrielle des pêcheries.

tion, faisaient construire des piscines dans leurs habitations. Les Lucullus, les Hortensius, les Cassius, les Pollion, etc., etc., se glorifiaient d'ajouter à leurs noms celui d'un poisson dont ils cultivaient l'espèce. Ils dépensaient de grandes sommes pour établir de somptueux viviers, afin d'y nourrir les poissons favoris, qu'ils avaient apprivoisés au point de les faire venir, à l'appel de l'airain, recevoir de leurs mains la nourriture choisie ; ils entretenaient des esclaves occupés à ramasser des œufs de poisson dans la mer, pour les transporter dans les lacs avoisinant Rome, ou dans leurs piscines.

Les Romains avaient coutume de parquer le poisson de mer, même dans les eaux douces, et les soins qu'ils apportaient à cette pratique démontraient une étude bien raisonnée de la science de la pisciculture. Les lacs ***Velinus***, ***Sabatinus***, ***Vulsinensis***, ***Ciminus***, ont donné en abondance des bars, des dorades, des vielles, etc., et beaucoup d'autres espèces de poissons qui s'étaient habitués à l'eau douce. Il est certain que le poisson était la nourriture la plus habituelle des anciens Romains.

Dans le moyen âge et jusqu'en 1789, les abbayes et les monastères, en France, tiraient un grand parti des étangs et des rivières enclavés dans leurs propriétés. Les étangs d'eau douce, très-nombreux alors, occupaient, sur notre territoire, une surface de plus de 500,000 hectares ; aussi, dans une foule de localités, l'élève du poisson était l'objet important d'une industrie qui fournissait au public une alimentation saine et généralement recherchée, nécessitée et exigée, alors plus qu'aujourd'hui, par les habitudes religieuses, les jours maigres, le carême, et aussi par un moindre approvisionnement de poisson de mer.

Dans notre siècle, nous pouvons constater la diminution rapide des poissons ; en recherchant les causes de cette fâcheuse privation, on reconnaît : 1° que le commerce, devenu plus actif, utilise les fleuves qu'il fait sillonner par de nombreux bateaux à vapeur, dont les roues à palettes, en frappant sur l'eau, effrayent et chassent au loin le poisson ; 2° le remous de l'onde déplacée par les bateaux à vapeur creuse les berges, détruit les végétations asiles du fretin, ensable le frai ou le rejette hors de l'eau ; 3° l'industrie manufacturière envahit les rivières non navigables et les couvre de constructions à barrages et à vannes, où une guerre à outrance est faite aux poissons qui fuient les grands fleuves ; 4° dans un grand nombre de cours d'eau, les agents chimiques employés par les usines détruisent l'espoir du pêcheur ; 5° la suppression, décrétée en 1793, des étangs, dont un grand nombre a été desséché pour y cultiver des céréales. Toutes ces causes ont amené la diminution et on peut dire la rareté du poisson d'eau douce ; cependant la superficie de nos étangs est encore évaluée à 200,000 hectares ; les eaux de nos 212 rivières navigables ou flottables, et de nos 75 canaux, parcourent plus de 12,000 kilomètres, sans compter les ruisseaux où le poisson pourrait être élevé. On voit que cette belle dotation d'eau favoriserait, en France, la pisciculture, si on s'adonnait davantage à cette importante industrie, et si le gouvernement se décidait à tirer parti de cette branche du revenu national. Ajoutons que, si le poisson de mer déserte nos côtes, c'est que l'industrie met à profit les algues, varechs ou goëmons et plantes marines propres à faire des soudes, détruisant ainsi inconsidérément les retraites des petits poissons qui viennent d'éclore, et qui cherchent protection et nourriture dans ces bas-fonds. En conséquence de ces récoltes du goëmon, etc., on éloigne les gros poissons, qui sont toujours attirés dans le voisinage des petits, dont ils font leur pâture. Il est donc important, non-seulement d'arrêter la diminution rapide de cette ressource alimentaire, par des procédés de multiplication déjà connus, mais encore de chercher par une large application de ce grand moyen de la fécondation artificielle du frai et de son éclosion favorisée par la culture des fonds, à repeupler nos grands et petits cours d'eau, à empoissonner les lacs, les étangs d'eau douce de l'intérieur de la France, ainsi que les dépôts d'eau salée qui avoisinent nos côtes de la Méditerranée et de l'Océan

La possibilité de l'existence du poisson de mer dans l'eau douce et la modification plus ou moins profonde produite dans son organisme par un séjour prolongé dans une eau qu'il n'avait pas jusqu'alors habitée, sont des faits acquis à l'histoire de la pisciculture chez les Romains, et que de nos jours on renouvelle avec succès en Angleterre. Nous sommes donc convaincu qu'une étude approfondie par les patientes observations de la pratique parviendra à formuler des règles certaines pour faciliter cette intéressante industrie et la vulgariser. Beaucoup d'espèces de poissons de mer vivent dans l'eau douce, sans y avoir été contraints par l'homme. On peut citer:

La *dorade*,	genre spare,	division thoraciques.
Le *surmulet*,	— mulle,	— thoraciques.
Le *congre*,	— murène,	— apodes.
Le *lamproie*,	— lamproie,	— chondroptérygiens
Le *cabillaud*,	— gade,	— jugulaires.
Le *carrelet*,	— pleuronecte	— thoraciques.
Le *saumon*,	— salmone,	— abdominaux.
L'*alose*,	— clupée,	— abdominaux.
Le *hareng*,	— clupée,	— abdominaux.
La *sardine*,	— clupée,	— abdominaux.
L'*éperlan*,	— salmone osmire,	— adbominaux.
La *langouste*,	— crustacé palmière,	

Depuis longtemps, M. Arnold, habitant le comté de Norfolk, en Angleterre, est parvenu à acclimater dans l'eau douce un grand nombre de poissons qui n'y viennent pas habituellement; tels sont :

La *limande*,	genre	pleuronecte,	division	thoraciques.
L'*athérine* ou *prestre*,	—	athérine,	—	abdominaux.
La *sole*,	—	pleuronecte,	—	thoraciques.
Le *boulereau*, ou *gobius noir*,	—	gobie,	—	thoraciques.
Le *bellicant*,	—	trigle.	—	thoraciques.
Le *lieu* ou *colin*,	—	gade,	—	jugulaires.
Le *turbot*,	—	pleuronecte,	—	thoraciques.
Les *huîtres*,	—	coquille,		
Les *moules*,	—	coquille,		

Et tout porte à croire que le frai fécondé des espèces de mer peut éclore dans les eaux douces et s'y naturaliser, si l'on a soin de protéger le premier âge du fretin contre le gros poisson.

L'aménagement des fonds submergés offre un moyen de protection bien nécessaire à ces petits êtres. Que leur faut-il ? des graminées, des plantes naïaphytes à peu de profondeur dans l'eau; ce sont des remises dans lesquelles ils trouvent leur première nourriture et qui leur servent d'asile contre les gros poissons qui ne s'aventurent pas à les poursuivre dans les bas-fonds touffus et branchus. C'est sur la lisière de ces végétations que les gros poissons se réchauffent pendant la saison du frai; ils passent et repassent sur les feuilles épaisses ou sur les rameaux des plantes en s'y frottant l'abdomen, et cette pression amène l'émission des œufs ou des laitances. Les œufs plus ou moins fécondés s'agglomèrent sur les plantes, ou bien entre les pierres au fond de l'eau, et c'est à cet abri qu'éclôt une partie des œufs; mais la plus grande quantité sert de pâture à toutes les familles aquatiques, à commencer par celles des progéniteurs, ou doit être perdue par différentes causes dont nous parlerons à l'article du frai.

Les fleuves, les rivières et les cours d'eau de la France procurent un revenu au gouvernement, et la régie en appartient au ministère des finances, qui veille aux aménagements du poisson et afferme les pêcheries d'eau douce. Nous sommes heureux de constater que sous le ministère de M. Dumas, continué par M. Schneider, la mission a été donnée à MM. Géhin et Remy, les intelligents pêcheurs des Vosges, d'aller dans les départements faire connaître le procédé qu'ils ont déjà mis heureusement en pratique pour la fécondation artificielle du frai de poisson. Cette mesure administrative nous fait espérer qu'on pourra, dans l'espace de quelques années, repeupler nos cours d'eau, qui fourniront alors une source alimentaire à nos populations croissantes. L'utile industrie de la fécondation artificielle du frai mérite d'être vulgarisée, puisqu'elle doit augmenter la richesse publique; nous allons l'expliquer.

Des étangs d'eau douce. — L'aménagement du poisson exige plusieurs pièces d'eau à des niveaux différents, afin que l'eau puisse s'écouler par le biez du premier étang dans le second, et enfin dans le troisième. L'expérience prouve qu'il faut trois ans pour que le poisson de 30 à 40 grammes atteigne une grosseur convenable. Les sols foncièrement argileux retiennent bien les eaux, mais ne sont pas les plus favorables à l'établissement des étangs. Les fonds légèrement argileux et graveleux sont préférables, et les meilleurs sont ceux où passe un ruisseau d'eau vive.

M. de Marivault a publié, en 1826, une notice indiquant une excellente méthode pour la construction des étangs; nous ajouterons seulement que, lorsqu'on creuse un étang, il est essentiel de donner à ses bords une pente douce qui se prolonge pendant environ 6 mètres. Cette disposition favorise la croissance des plantes que les poissons recherchent, et sur ces bords on protégera l'herbe à tanches (*potamogeton natans*), la patte-de-coq (*ranunculus aquatilis*), etc. On arrachera les joncs et les roseaux trop abondants et qui peuvent nuire, car un fort ombrage est pernicieux, et la décomposition des feuilles nuit au frai. Si l'on fait des plantations d'arbres à l'entour des eaux, on les éloignera de 12 à 15 mètres des berges. La mise à sec d'un étang est une opération qui demande de la précaution et tout le temps nécessaire, afin que l'eau s'écoule lentement sans nuire à l'économie des étangs inférieurs, et pour que les poissons soient contraints à se concentrer dans le bassin creusé en avant de l'écluse; on les pêche alors très-facilement. Lorsqu'on fait la pêche, il est essentiel d'avoir des cuves avec de l'eau claire, afin d'y déposer le poisson, qui s'y lave et se débarrasse de la vase, avant d'être transporté dans les réservoirs ou au marché. Dans les saisons pluvieuses, il est essentiel que les étangs s'emplissent entièrement; mais il faut éviter leur débordement, car ce serait l'émigration des plus gros poissons d'un étang dans l'autre; l'aménagement des étangs souffrirait de cette irruption.

On veillera donc à ce que la décharge des eaux s'opère du premier bassin dans le second, et de celui-ci dans le troisième, d'une façon régulière. Il convient de se ménager des réservoirs de 8 à 10 mètres de surface, à eau courante, pour y conserver le poisson qui doit être vendu, ou bien pour y recueillir momentanément celui d'un étang en réparation ou en pêche.

Lorsque la gelée atteint la surface des étangs ou des réservoirs, il ne faut pas négliger de ventiler les eaux en brisant la glace, et en introduisant des faisceaux de longues ramées, qui facilitent, sur la surface de l'eau,

un courant d'air nécessaire au poisson à moitié engourdi.

Après avoir donné une idée générale de la construction et de l'aménagement des étangs, nous allons nous occuper de leur empoissonnement tel qu'il doit être appliqué par le pisciculteur qui veut se faire un revenu de ses eaux. Disons d'abord que, de même qu'un certain espace de terre peut donner une plus ou moins grande valeur en produits, suivant la préparation et la fécondation du sol, de même une certaine étendue d'eau peut contenir des poissons en quantité plus ou moins grande, mais en rapport avec l'alimentation qu'ils doivent y trouver et qu'on peut y introduire.

On emploie ordinairement pour l'empoissonnement des étangs trois espèces principales de poissons : la *carpe*, la *tanche*, le *brochet*. L'*anguille* est rejetée, parce qu'elle détruit les berges par les cavités qu'elle y creuse. La *perche* est écartée, parce qu'elle est aussi vorace que le brochet, mais ne grossit pas en raison de ce qu'elle absorbe. Pour la carpe, il y a le choix de l'espèce, et on recommande la carpe d'Allemagne, dite *carpe à miroir*, c'est-à-dire à larges écailles. Cette espèce grossit plus vite que les autres, est d'une chair plus savoureuse et a moins d'arêtes. La *tanche* est un poisson très-délicat au goût, et, à ce titre, elle est bien choisie pour l'aménagement des étangs. Le *brochet* forme également une excellente nourriture, et sa voracité profite doublement; d'abord il grossit en proportion, et ensuite il arrête le trop grand accroissement des carpes et des tanches.

Voyons maintenant dans quelle proportion l'expérience a limité le nombre des individus de ces trois familles qui doivent peupler un étang. Supposons une étendue d'eau de 3 hectares, on y jettera : 800 carpes de 40 grammes; 120 tanches de 40 grammes; 80 brochetons de 30 grammes. Après trois années de séjour, voici, en moyenne, le produit qu'on retirera :

800 carpes pesant	1 kilog. 75.	1,400 kilog.
120 tanches pesant	2 kilog. 25.	270
80 brochets pesant	1 kilog. 75.	140
Total.		1,810

Lesquels, à raison de 1 fr. 50 c. le kilog., donnent une somme de 2,715 fr., soit un revenu annuel de 905 fr., ou 302 fr. par hectare.

Etangs à truites. — La truite (*salmo truta*), genre salmone, division des abdominaux. — Pour former un bon étang à truites, il faut une vallée ombragée, une eau courante, froide et claire, un fond de sable ou de cailloux, de grands arbres placés près des bords, pour entretenir la fraîcheur et pousser des racines dans l'eau, de grosses pierres sur les rives, et quelques roches au milieu du courant pour le contrarier. Il est bon que l'étang ait une profondeur de 3 mètres au moins au milieu; il ne faut pas, surtout, de fond vaseux, et éviter les dépôts de feuilles ou végétaux morts dont la décomposition est nuisible. La nourriture des truites sera composée de cyprins, tels que loches, gardons, goujons et d'épinoches, de têtards, de grenouilles, coupées en morceaux, de vers, etc., d'une abondance de foies hachés, d'entrailles d'animaux, de boules séchées et faites avec du sang de bœuf et de l'orge mondé.

L'époque du frai des truites varie suivant les localités et la froideur des eaux, suivant l'âge des individus, depuis novembre jusque vers la fin de janvier.

Les poissons nommés l'*ombre-chevalier* (du lac de Genève), l'*ombre-bleu* (du lac de Constance), la *truite saumonée*, qu'on trouve dans plusieurs de nos rivières, peuvent recevoir les mêmes soins et enrichir l'étang.

On comprend que, pour assurer le revenu qu'on doit obtenir d'un étang à truites, il faut empêcher ces poissons de s'entre-dévorer ; il est donc nécessaire de séparer complétement les produits pour la pêche de chaque année, et de faire en sorte que les individus réunis dans une même enceinte aient le même âge.

La mesure de croissance des truites est assez incertaine pour qu'on ne puisse pas assigner une période à leur longévité moyenne. On dit généralement que la longueur ordinaire de ce poisson est de 4 décimètres; il pèse alors 4 hectogrammes, et cependant on en pêche dans quelques rivières qui pèsent 2 à 3 kilogrammes. On parle d'une truite, pêchée en Saxe, du poids de 4 kilogrammes, et plusieurs individus de cette grosseur ont été pris, en France, dans le Gardon. On peut croire que la même espèce de truite diffère de longueur et de poids, suivant les eaux dans lesquelles elle vit, et suivant l'abondance de nourriture qu'elle y trouve.

Réserves à saumons.

Saumon (*salmo salar*), genre salmone, division des abdominaux. { *truite de mer*, *tacon* lorsqu'il est petit, *saumoneau* à deux ans.

C'est une des questions les plus intéressantes de la pisciculture que celle de naturaliser le saumon dans nos fleuves et dans nos rivières. Ce poisson est une richesse commerciale pour l'Ecosse et pour l'Irlande; la Suède et la Norwége en exportent. Les Etats-Unis d'Amérique, où ces poissons abondent, en expédient dans le monde entier, après les avoir fumés ou salés. La consommation qui se fait de ce poisson frais est quotidienne en Angleterre et dans les Etats de l'Union. Le saumon pourrait devenir, en France, une grande ressource alimentaire, si on adoptait dans les départements une mesure d'économie administrative qui paraît facile : ce serait de former dans le haut des fleuves, ou dans les cours d'eau y affluant, des réserves où l'on ferait éclore en quantité, d'après le procédé de la fécondation artificielle du frai, des œufs de saumon. Il est facile de transporter du frai fécondé d'un bout de la France à l'autre. On protégerait, par des soins spéciaux, et

pendant la première année, l'alevin provenant de cette fécondation, et, à la fin de l'automne, on l'abandonnerait à son instinct, qui le ramènera toujours dans les eaux où il a pris naissance. L'établissement de ces réserves pourrait être commencé aux frais de l'Etat, et continué au moyen d'une redevance payée par les fermiers et sous-fermiers de la pêche.

Pour donner une idée du choix à faire des localités propices à ces réserves, et pour les disposer d'après les mœurs et les instincts du saumon, nous croyons utile de tracer brièvement l'histoire naturelle de ce poisson. Le saumon commun (*truite de mer*) remonte les fleuves dans toutes les saisons de l'année; mais c'est pendant l'été qu'il voyage en plus nombreuses compagnies, surtout lorsque les eaux des rivières sont grossies par les pluies. Ce poisson nage lentement, si rien ne l'inquiète; mais il parcourt en une heure 40 kilomètres, s'il est effrayé. Sa puissance est telle, qu'il peut franchir en une seconde au moins 8 mètres dans l'eau, et qu'il remonte des chutes d'eau en s'élançant par bonds de 4 à 5 mètres. Le saumon né dans les fleuves y passe les trois quarts de l'année; il recherche les eaux qui coulent sur un fond de gravier, et c'est après avoir accompli la reproduction de son espèce par le frai qu'il dépose et féconde (en France dans les mois de mai et juin, en Ecosse et Irlande en août et septembre, aux Etats-Unis en juillet, août et septembre, époques variables suivant les latitudes et la tempérance des eaux), qu'il émigre vers la mer en décembre, pour revenir dans ces mêmes eaux où il est né, dès que les froids ont cessé. Dans le temps du frai, les femelles du saumon (comme celles de la truite, car c'est le même genre salmone, et ces poissons se ressemblent aussi dans leurs mœurs) cherchent un endroit commode pour la ponte des œufs sur le gravier ou sur le sable des rivières ou ruisseaux dont le courant semble propice et tranquille. Les saumons mâles et femelles se réunissent alors pour creuser des lits d'alevinage ou frayères de 1 mètre de longueur, de 6 à 7 décimètres de largeur, et ayant un rebord de 1 à 2 décimètres. C'est toujours après le coucher du soleil que les femelles travaillent à préparer ces creux, où elles ont, au préalable, laissé ou roulé d'assez grosses pierres. Pour former ces cavités, elles font face au courant, relèvent le gravier avec le museau, tandis qu'elles nivellent le fond avec la queue; le mâle se tient alors côte à côte de sa femelle, mais au moment où les femelles émettent leurs œufs en se frottant lentement sur les pierres laissées au fond de la frayère, et sur lesquelles elles reviennent sans cesse reprendre le cours d'eau, les mâles les suivent et se frottent sur les mêmes pierres, et conséquemment répandent aux mêmes endroits la laite qui doit féconder les œufs. Cette opération continue pendant quelques jours suivant la grosseur des poissons, et par conséquent suivant la quantité de frai à déposer et à enfouir dans le sable, où il devra demeurer, avant d'éclore, pendant quatre-vingt-dix ou cent quinze jours, suivant la température des saisons. Le fretin, sortant de l'œuf, reste encore dans le sable pendant quinze jours, conservant l'enveloppe de l'œuf attachée à son abdomen et formant une poche rouge comme un grain de groseille; il trouve dans cette vésicule ombilicale la substance appropriée à ses besoins. La tête du poisson naissant est, à ce moment, d'une dimension assez forte par rapport au corps, car celui-ci est très-petit et ressemble à une sorte de nageoire longue et frangée, ou à la queue des têtards de grenouilles; il grandit ensuite assez rapidement, jusqu'à 10 à 12 centimètres; mais, lorsqu'il a atteint une longueur de 2 à 3 décimètres, il quitte le haut des rivières et suit le courant qui le mène vers la mer; il revient ensuite dans les eaux de sa naissance, après avoir acquis une longueur de 4 à 5 décimètres. Les petits saumons ou *tacons* n'émigrent pas tous; il en reste un grand nombre dans les ruisseaux, rivières ou fleuves pendant plusieurs saisons. On les suppose âgés de deux ans lorsqu'ils pèsent 3 à 4 kilogrammes, âgés de 5 à 6 ans lorsqu'ils pèsent 5 à 6 kilogrammes; leur développement devient ensuite considérable, mais tant de périls les environnent, qu'il est difficile qu'ils puissent parvenir à un âge avancé. On en a pêché, en Ecosse et en Suède, d'une longueur de 2 mètres pesant 40 kilogrammes; on en prend encore quelquefois aux Etats-Unis et même en Ecosse, du poids de 25 à 30 kilogrammes; mais ordinairement ceux qu'on met dans le commerce pèsent de 6 à 8 kilogrammes.

M. Georges Dormer, de Stone-Mills, dans la paroisse de Brideport, en Angleterre, nous met à même d'apprécier les instincts sociaux du saumon. Ayant pris, en 1829, dans la pale de son moulin, un saumon femelle d'environ un demi-mètre de longueur, il le plaça dans une fontaine dont le bassin n'avait qu'une profondeur d'à peu près 1 mètre, et où cependant ce poisson a vécu douze ans, car il est mort par accident, en 1842. Au premier appel, il présentait le museau à la surface de l'eau et prenait sans timidité sa nourriture dans une assiette qu'on tenait à la main; il mangeait rapidement 250 grammes de viande crue. M. Dormer pouvait le prendre, le sortir de l'eau, l'y replacer, et à l'instant même il prenait de ses mains la nourriture qu'on lui offrait. Les enfants, quelquefois, s'amusaient à le tromper, en lui présentant le doigt, qu'ils retiraient au plus vite par crainte de ses dents aiguës; cependant une jeune servante, qui l'agaçait souvent ainsi, l'irrita tellement une fois, qu'il bondit hors de l'eau et saisit le doigt trompeur, qu'il mordit sévèrement.

Viviers d'eau de mer et viviers d'eau alternantes. — Une réserve à poissons d'eau salée sera parfaite lorsqu'elle sera disposée de façon à ce que le flot de la mer, en y entrant, pousse celui qui le précède, de sorte que l'eau sera toujours renouvelée et rafraîchie. Le fond, qui devra être à peu près de 3 mè-

tres de profondeur, aura des parties rocheuses et couvertes d'algues, et d'autres parties découvertes de plantes, avec un sol de sable. La nourriture des poissons qu'on y enfermera sera appropriée à leurs habitudes et d'après la conformation de leurs mandibules.

Une réserve pour les poissons plats ne peut être semblable à celle décrite ci-dessus ; car, pour les *turbots*, les *soles*, les *barbues*, les *carrelets*, etc., on peut creuser un bassin à 1 mètre en terre sur un fond vaseux, mais qui ne manque jamais d'eau après que la mer s'est retirée. La nourriture de ces poissons sans dents sera celle qui peut mieux leur convenir, comme des sardines et des harengs gâtés, des ouïes et intestins de poissons, des fruits et des salaisons avariés, etc., etc.

Il est bien entendu que ces bassins seront entourés de digues élevées, de telle sorte que l'impétuosité des vagues de la mer se trouvera brisée et que le vivier ne se chargera pas de ces amas d'herbes marines que la fureur des flots y jetterait. Ces môles seront percés de passages sinueux et très-étroits, pour laisser passer l'eau de la mer sans que l'agitation s'en fasse sentir dans le bassin. Les dépôts d'eau salée, qui sont nombreux le long des côtes de la Méditerranée et de l'Océan, pourront être utilisés pour y former des réserves à poissons de mer.

Il est certain que l'adoption du parcage des poissons d'eau salée, largement établi et mis en pratique par les spéculateurs mareyeurs de nos ports de mer, auraient l'avantage de régulariser, dans ces ports, la vente à l'arrivée des produits des pêches, de faciliter ensuite les apports constants des poissons sur les grands centres de population, afin d'approvisionner en tout temps et en toutes saisons les marchés où les prix de la marée prendront un cours normal. Le commerce des huîtres, si régulier dans sa vente et dans ses prix, doit cet avantage aux parcs établis par les amateurs; cet exemple pourrait être imité pour le commerce des poissons de mer.

Réserves à eaux alternantes. — Les réserves que l'on établira à l'embouchure des criques, rivières ou fleuves recevant le flux de la mer, et qui seront combinées de manière à ce que les eaux salées et les eaux douces rempliront les bassins, les unes au flux, les autres au reflux, auront l'avantage d'améliorer les poissons, qui s'y engraisseront promptement et prendront une grande finesse de chair. Les changements de la température et de la qualité de l'élément dans lequel les poissons se meuvent, ainsi que la variété de nourriture qu'ils trouvent dans ces eaux alternantes, sont convenables à leur nature et agissent d'une façon hygiénique qui leur est favorable.

Du frai des poissons et de la fécondation artificielle du frai. — On a souvent remarqué que la reproduction réelle des poissons n'est pas en rapport avec l'énorme quantité d'œufs déposés, chaque année, dans nos cours d'eau par les diverses espèces qui s'y trouvent ; on peut expliquer ainsi les causes de ce déficit : 1° Une grande portion du frai sert de nourriture aux poissons producteurs eux-mêmes, de toutes les espèces et de toutes les grandeurs : aux écrevisses, aux rats d'eau et en général à tous les animaux aquatiques. 2° A l'époque du frai, la laite émise au hasard par le mâle ne féconde pas toujours les œufs déposés par la femelle. 3° Les phénomènes naturels détruisent beaucoup cette semence, car les inondations causées par la fonte des neiges et les débâcles de glaces emportent au loin le frai que la retraite des eaux laisse ensuite à sec sur les terres. 4° Les déplacements subits de l'eau et les remous qui bouleversent les berges des fleuves lorsque les bateaux à vapeur y naviguent, détruisent considérablement de frai, soit en l'ensablant, soit en le rejetant au loin sur les rives. 5° Dans les lacs et étangs, les matières végétales altérées, et qui ne sont pas séparées par le mouvement des eaux, corrompent et pourrissent quantité d'œufs, quoique fécondés depuis plusieurs jours. 6° On pourrait citer encore, comme s'opposant à la reproduction des poissons, la pêche en temps de frai, et le trouble apporté parmi les diverses espèces pendant les époques de leur ponte, qui se prolonge sans interruption pendant les trois quarts de l'année ; mais, la nécessité d'alimentation étant une raison péremptoire qu'on a le droit d'opposer à cette dernière observation, il convient d'en parler seulement pour faire comprendre que cette destruction devrait être compensée par une mise en pratique générale de la fécondation artificielle du frai de toutes les bonnes espèces de poissons.

Depuis longtemps les naturalistes et les expérimentateurs savaient que la fécondité d'un grand nombre d'animaux inférieurs peut se faire d'une manière artificielle. Golstein, de Hambourg, en 1757 ; Jacobi, de Hambourg, en 1763 ; sir Anthony Carlisle, en 1813 ; Boccius, à Hammersmith en 1841 ; Andrew Young, à Invershin, en 1842 ; James Wilson, en Angleterre, et MM. Duhamel du Monceau, Cuvier, Emery, Baudrillart, Valenciennes, Quatrefages, Milne-Edwards, Coste et autres savants, en France, en ont parlé. Parmi ces naturalistes, plusieurs se sont occupés de porter remède à cette destruction fatale de la famille des poissons, et ils ont conseillé, démontré ou fait pratiquer divers essais de reproduction des poissons. Ce problème, dévoilé par les naturalistes, a été réalisé, en 1841, par deux pêcheurs intelligents des Vosges, qui, complétement étrangers à ce qui se passait dans le monde scientifique, suivirent les indications que la nature mettait chaque jour sous leurs yeux, et pratiquèrent l'empoissonnement par la fécondation artificielle du frai. MM. Géhin et Remy, de la Bresse, village des Vosges, empoissonnaient avec le frai des truites, dès l'année 1841, deux étangs situés près de leur village, et deux ans après tiraient de ces réserves plus de cinquante mille indivi-

dus qu'ils lâchèrent dans la Mosellotte et dans les ruisseaux de leurs montagnes; depuis, ils ont repeuplé plusieurs cours d'eau du département du Haut-Rhin.

En thèse générale, toute espèce de poisson pourra se reproduire, dont les œufs, arrivés à maturité, seront amalgamés en proportion convenable avec la laite du poisson mâle, et placés dans un creux du rivage sur un lit de gravier recouvert de sable fin, ou dans le fond d'un vase peu profond, qu'on disposera de manière à ce qu'il soit toujours sous le niveau d'une eau qui se renouvelle et qui est exposée à la lumière du soleil, tempérée par les végétations qui croissent sur les rives. La laitance d'un mâle peut féconder les œufs de cinq ou six femelles de même grosseur que le mâle. Le procédé de MM. Géhin et Remy est simple et facile à mettre en pratique; il diffère à peine de celui adopté par M. Boccius, de Hammersmith, et ressemble exactement à la méthode décrite par Jacobi il y a près d'un siècle. A l'époque du frai de l'espèce de poisson qu'on veut multiplier, et pour se procurer les œufs destinés à être fécondés artificiellement, il suffit de presser légèrement, de l'avant à l'arrière, l'abdomen d'une femelle; les œufs qui en sortent sont reçus dans un vase contenant de l'eau, le mâle, à son tour, subit la même friction; la laitance, qui s'écoule dans l'eau du même vase, s'y délaye, et cette eau, spermatisée, change la teinte des œufs; avant la fécondation ils étaient transparents, aussitôt fécondés ils deviennent d'une couleur opaline. Ainsi que nous l'avons déjà dit, la laite d'un mâle suffit pour la fécondation des œufs de cinq à six femelles aussi grandes que lui (1). Après avoir remué avec soin les œufs baignés dans cette eau fécondante, on les retire pour les mettre sur une couche de gravier dans des boîtes en zinc dont les parois, perforées à une certaine hauteur du fond, laissent passer l'eau : ces caissettes, dont la partie supérieure est protégée par un grillage en fil de zinc à mailles assez écartées pour permettre la libre sortie du fretin, sont placées dans le courant d'une eau vive, claire et peu profonde; on les y dispose de façon à ce que le courant opère un renouvellement rapide de l'eau dont les œufs sont baignés, afin d'éviter le développement des conferves, qui ne tarderaient pas à envahir les boîtes, et aussi pour assurer le contact de l'air nécessaire aux embryons.

Il conviendra de choisir dans le cours d'eau, à proximité et en aval des boîtes à frai, une remise bien garnie d'herbes aquatiques, où le fretin fera sa première station. Si en commençant l'opération du frottement sur le poisson les produits ne sont pas arrivés à terme et ne s'écoulent pas sous l'influence d'une certaine pression, il faut mettre alors ces animaux en réserve pendant quelques jours; car en provoquant cet accouchement forcé avant l'état de maturité on mettrait la vie des poissons en danger, et ni les œufs ni la laite ne seraient employés utilement. MM. Géhin et Remy ont remarqué que les œufs égrenés à maturité du ventre de la truite femelle étaient injectés de sang, et que cette couleur rouge disparaissait presque immédiatement au contact de la liqueur séminale du mâle, pour prendre une teinte opaline; tandis que les œufs non susceptibles de fécondation, parce qu'ils n'étaient pas arrivés à terme, restaient transparents. Un point noir accompagne toujours le signe de la conception, et ce point persiste dans l'œuf jusqu'au moment de l'éclosion, qui se fait d'une manière particulière; car de chaque œuf il sort : 1° une saillie qui forme la tête, et 2° une saillie opposée qui forme la queue du poisson : c'est l'œuf lui-même qui semble d'abord former le corps en poisson. Plusieurs semaines après la naissance, cette vésicule fait encore partie de l'abdomen du petit poisson, qui y trouve la substance nécessaire à son âge.

C'est après la disparition de cette poche du ventre de l'alevin qu'il convient de mettre dans les eaux quelques boules séchées de sang et de farine, afin de procurer aux petits poissons une nouvelle nourriture appropriée à leurs besoins. A mesure que ces jeunes poissons grandissent, ils descendent dans les eaux plus profondes, mais ils ne s'y hasardent que lorsqu'ils sont assez agiles pour se soustraire aux gros poissons, leurs ennemis naturels. Aussi, lorsqu'on veut former des réserves spéciales pour les élèves de poissons, il faut avoir la précaution de séparer complétement les sujets de chaque année et diviser son cours d'eau en autant de viviers qu'on veut avoir de grosseurs de poissons.

La France possède, sur les côtes de l'Océan, de la Manche, de la Méditerranée, en Algérie et en Corse, de nombreux dépôts d'eau salée; en y élevant des poissons de mer, au moyen de la fécondation artificielle du frai de diverses espèces, on créerait une abondance précieuse de poissons dont la pêche serait une source de richesse pour les populations. Dans ces lacs, étangs, ou dépôts d'eau salée, on ne doit pas craindre d'y pratiquer sans cesse cette éclosion du frai fécondé artificiellement, car les poissons qui seront ainsi multipliés, même en quantité prodigieuse, coûteront d'autant moins de soins pour leur nourriture qu'ils se serviront les uns les autres de pâture. En ayant l'attention d'entourer quelques remises bien garnies de graminées et de plantes aquatiques, afin d'y faire éclore et croître tout le frai qu'on y aura déposé; en ne négligeant pas de couvrir, par un grillage, les baquets ou vases servant de frayères, pour que les œufs soient garantis contre les oiseaux aquatiques, on pourra, chaque année, faire sortir de ces réserves des essaims de petits poissons qui grandiront avec le temps.

(1) Une trop grande quantité de laitance empâte les œufs, qui restent improductifs.

Par l'ordonnance de 1669 de Colbert, par l'ordonnance dite de Lorraine en 1707, par les déclarations du roi des 24 août 1773, 23 avril, 2 septembre, 24 décembre 1726, etc., etc., on a cherché à favoriser la multiplication du poisson dans nos cours d'eau, en protégeant le frai; mais ces règlements ont le grave inconvénient d'agir en sens contraire des vues des législateurs, car les époques assignées pour la défense ou pour l'autorisation de la pêche sont en contradiction avec les lois de la nature qui font varier l'époque du frai chez les poissons de même espèce, suivant les qualités des eaux et la température de la saison, et aussi suivant l'âge des individus. Admettons que le temps de la ponte des œufs des poissons de même espèce dure, en moyenne, de quinze à vingt jours, il ne suffira pas, comme protection, de prohiber la pêche pendant cet espace de temps, car dans la même localité le dérangement des saisons peut avancer ou retarder cet acte de la reproduction, et certainement la pêche la plus destructive sera celle qui se fera dans le temps qui précédera ou celui qui suivra l'époque désignée par le Code pour le frai des poissons. Comment régulariser une prohibition de pêche lorsque les poissons du genre salmone (*truites, saumons, éperlans,*) commencent à pondre en septembre jusqu'en février; que le genre cyprin (*barbillons, carpes, goujons, tanches,* etc.) fraye depuis le mois de mars jusqu'en août; que le genre ésoche (*brochet*) fraye en février et mars; le genre perche en mai et avril, etc? Les prohibitions ont l'inconvénient de restreindre l'industrie des pêcheurs, d'arrêter les moyens d'alimentation des consommateurs, et enfin de nuire aux intérêts du trésor. Il est plus rationnel, pour remédier à ces inconvénients, d'encourager la pratique de la fécondation artificielle du frai dans les fleuves, les rivières, les cours d'eau, les lacs, les étangs, et de laisser la pêche libre à ceux qui l'afferment du gouvernement, mais avec clause expresse de s'appliquer à l'exercice de cette fécondation artificielle du frai, de surveiller l'éclosion de ce frai déposé dans les eaux affermées, et d'empêcher la destruction des petits poissons. Cette prévision sera facile à suivre, car le pêcheur qui connaît dans sa localité l'époque de la maturité du frai de chaque espèce de poisson pourra égrener les ovaires des femelles, faire écouler les laitances des mâles suivant les proportions voulues (d'une laite contre cinq ovaires), et recueillir ces produits dans des vases qu'il placera dans les endroits convenables pour l'éclosion.

En peu d'années ce fermier sera récompensé de ses soins par des pêches abondantes. (*Voy.* les *Bulletins de la Société d'encouragement*, année 1851.)

Nous terminerons cet article par un rapport de M. Aymar-Bression sur le procédé de *fécondation artificielle*, employé par MM. Géhin et Remy.

RAPPORT DE M. AYMAR-BRESSION,

Secrétaire général perpétuel de l'Académie nationale, agricole, manufacturière et commerciale, et de la Société de Statistique universelle

La France devrait jouir depuis dix ans de la précieuse découverte que la Providence vient de placer sous la main de deux pêcheurs des Vosges. C'est, en effet, de 1841 que datent les premiers essais de ces deux hommes qui, en l'absence de toute donnée scientifique, ont cependant persévéré avec courage dans l'œuvre qu'ils viennent d'accomplir. Non, je le répète, ce n'est pas le flambeau de la science qui les a guidés vers cette découverte, mais bien cette faculté naturelle qui, sans cesse, pousse l'homme à améliorer la position dans laquelle il se trouve. Pêcheurs de profession, perdus dans quelque coin obscur des montagnes vosgiennes, ils avaient eu à déplorer la pauvreté des cours d'eau dans lesquels ils pratiquaient leur modeste industrie. « Il faut que ces cours d'eau s'enrichissent, » se dirent-ils, et les voilà cherchant dans leur vieille expérience le moyen de repeupler les rivières, le moyen de centupler les produits de la pêche, le moyen enfin de doter l'humanité d'une ressource alimentaire dont on ne saurait mesurer l'importance.

MM. Géhin et Remy, élevés dans cette simplicité rustique qui tend à disparaître de notre sol, et que l'on retrouve cependant encore avec plaisir dans leurs montagnes, n'avaient pas pu calculer le service qu'ils venaient de rendre au pays; étrangers à l'esprit de spéculation, ils n'avaient point pensé que la fortune pût être le prix de leur découverte; ils pratiquaient humblement leur procédé, repeuplaient silencieusement les rivières, les cours d'eau, les étangs qui les entouraient et attendaient, avec la plus admirable patience, l'heure de la justice qui, je l'espère, va sonner enfin pour eux. Un premier rapport a déjà signalé à M. le ministre de l'agriculture et du commerce la magnifique conquête de MM. Géhin et Remy, et ce rapport, empressons-nous de le dire, a été immédiatement suivi d'une allocation de 2,000 fr. à titre de *récompense pour leur succès*, et aussi pour les aider dans leurs tentatives de production artificielle du poisson. M. le ministre de l'agriculture a même autorisé MM. les préfets à envoyer, en novembre et décembre, auprès de MM. Géhin et Remy, les personnes qu'ils voudraient charger d'importer dans leurs départements respectifs les pratiques dont ces deux pêcheurs ont tiré un si bon parti.

Mais, qu'est-ce que cette allocation comparativement aux immenses résultats du procédé? Qu'est-ce que cette récompense pour deux hommes qui ont trouvé le moyen de faire vivre des milliers de familles? Qu'est-ce que cet encouragement pour deux hommes qui, dans leur humble sphère, ont augmenté indéfiniment la richesse publique? Sans doute, l'administration, placée en face d'un résultat si merveilleux, a voulu

que les promesses de MM. Géhin et Remy se réalisassent publiquement ; sans doute, elle a voulu se tenir dans une prudente réserve jusqu'à ce que l'expérience eût démontré l'évidence de ces résultats. Eh bien! l'évidence est là..... et nous ne doutons pas qu'elle ne soit accueillie avec joie. Sans doute aussi certains détails du rapport de M. Milne Edwards, membre de l'Institut, avaient commandé cette réserve. L'honorable rapporteur, en effet, avait peut-être traité trop scientifiquement le sujet qui lui était soumis. A propos d'une découverte *française* sortie de l'humble cerveau de deux pêcheurs *français* complétement dénués de ce que nous appelons la science, et parfaitement ignorants des tentatives qui se faisaient ailleurs pour arriver au but qu'une courageuse et persévérante pratique venait de leur faire toucher, M. Milne Edwards semble s'être efforcé de prouver que cet honneur n'appartenait pas à la France. Triste résultat de la science, en vérité, que celui qui consiste à contester à son pays, à force d'érudition, la gloire d'une découverte quelconque! Mais nous oserons ne pas être entièrement de l'avis du savant rapporteur lorsqu'il attribue le procédé *de MM. Géhin et Remy* au comte de Golstein (vers le milieu du siècle dernier), quoique cette opinion soit à peu près partagée par M. Quatrefages, dont les connaissances spéciales sont cependant d'un grand poids; nous oserons encore douter de l'entière authenticité des détails donnés sur l'ingénieur Boccius qui, en 1841, aurait appliqué *le même* procédé à plusieurs rivières de la Grande-Bretagne..... ou bien alors, à quoi servirait la science?

Comment! on sait, il est acquis à la science que depuis un siècle on a trouvé le moyen de féconder artificiellement le poisson; on sait que ce procédé est appliqué chez nos voisins, et on laisse nos populations dans l'ignorance, on abandonne nos rivières et nos cours d'eau à tous les inconvénients de la routine, on laisse complétement improductives des ressources immenses pour notre régime alimentaire! Comment! la science n'a qu'à dire un mot pour peupler nos rivières, nos étangs, pour nourrir des milliers de pauvres, et la science se tait, la science dort..... et il faut que le travail de deux pauvres pêcheurs vienne la tirer de sa léthargie... et quand elle sort de ce coupable sommeil, c'est pour s'écrier : Je le savais! Que nous importent donc les travaux théoriques du comte de Golstein et les expériences locales de l'ingénieur Boccius! Ces deux noms se recommandent à l'estime publique; mais avouons que cette estime se fût convertie en reconnaissance, si la théorie eût été convertie en pratique. Et si M. l'ingénieur Boccius a réellement trouvé la *fécondation artificielle*, d'où vient que l'Angleterre, si prompte d'ordinaire dans l'application des inventions qui peuvent lui être utiles, ne s'est pas emparée du procédé et n'en a pas encore enrichi tous ses cours d'eau? Cette dernière considération seule nous ferait douter de la réussite des essais de M. Boccius que, cependant, nous ne voulons pas contester.

Nous revendiquons donc bien haut, pour MM. Géhin et Remy, la priorité de leur *procédé propre*, la priorité de son application en France. M. Milne Edwards nous pardonnera, sans doute, cette susceptibilité nationale en faveur des raisons sur lesquelles elle s'appuie.

Nous allons, actuellement, reproduire la partie du Rapport de M. Milne Edwards, qui contient la description de la découverte de MM. Géhin et Remy. Le savant rapporteur ne nous laisse ici rien à désirer, et nous sommes heureux de rendre hommage au travail consciencieux qui a provoqué les premiers encouragements du ministère de l'agriculture et du commerce.

« Les premiers essais de MM. Géhin et Remy, les deux pêcheurs dont il vient d'être question, dit M. Milne Edwards, datent de 1842. Ayant constaté, par une longue suite d'observations, le mode de reproduction de la truite, et s'étant assurés de la possibilité d'opérer à volonté la fécondation de ses œufs, ils se sont appliqués à multiplier ce poisson pour en repeupler les ruisseaux de leur canton. Le succès est venu couronner leurs efforts; et, malgré la faiblesse des ressources dont ils pouvaient disposer et les difficultés de toutes sortes qu'ils rencontrèrent, ils ont obtenu des résultats considérables. Ainsi ils ont empoissonné, avec de jeunes truites obtenues au moyen de la fécondation artificielle, deux étangs situés à peu de distance du village de La Bresse, où ils habitent, et une de ces réserves a fourni, l'année dernière, environ 1,200 truites âgées de deux ans. MM. Géhin et Remy évaluent à environ 50,000 le nombre de jeunes individus qu'ils ont lâchés dans la Mosellotte, petite rivière qui passe à La Bresse et qui se jette dans la Moselle près de Remiremont; ils ont mis en pratique leurs procédés d'empoissonnement dans plusieurs autres localités du même canton, ainsi que le constatent diverses pièces fournies par les autorités de Saulxure, de Cornimont et Gerardmer. Enfin M. Kientzy, maire de Waldestin, dans le département du Haut-Rhin, les a chargés de repeupler les cours d'eau de sa commune, et cet administrateur habile assure qu'ils ont parfaitement réussi. J'ajouterai encore que, voulant se rendre aussi utiles que possible, nos pêcheurs n'ont jamais fait mystère de leurs procédés, et y ont initié tous ceux qui leur témoignaient le désir de se livrer à des expériences analogues. Toutes les personnes qui ont eu l'occasion de voir les travaux de MM. Géhin et Remy leur donnent de grands éloges. J'ai visité leur établissement, et j'ai été témoin de quelques-unes de leurs expériences. Enfin la société d'émulation des Vosges s'en est fait rendre compte à plusieurs reprises, et a accordé à chacun de ces hommes industrieux une médaille honorifique. La question qu'ils s'é-

taient posée me semble être, en effet, pleinement résolue, et pour rendre au pays un service considérable, il ne leur manque que de pouvoir disposer des moyens nécessaires pour étendre leurs opérations.

« C'est en novembre ou au commencement de décembre que la reproduction de la truite a lieu, et, pour se procurer les œufs destinés à être fécondés artificiellement, il suffit de presser légèrement d'avant en arrière l'abdomen d'une femelle prête à pondre; les œufs qui en tombent doivent être reçus dans un vase contenant de l'eau, et ensuite arrosés avec de la laite obtenue de la même manière et également délayée dans de l'eau. Si ces produits ne sont pas arrivés à terme au moment où l'on commence l'opération, ils ne s'écoulent que sous l'influence d'une pression forte, et il faut alors laisser le poisson dans une réserve pendant quelques jours avant que de déterminer cette espèce d'accouchement forcé, car ni les œufs ni la laite ne pourraient être employés utilement dans un état d'immaturité, et la vie des poissons procréateurs serait mise en danger par des manœuvres violentes. Au contact de l'eau spermatisée, les œufs changent de teinte : avant la fécondation, ils sont transparents et jaunâtres ; aussitôt fécondés, ils deviennent blanchâtres ou plutôt opalins. Une truite âgée de deux ans seulement, et pesant à peu près 125 grammes, peut fournir environ 600 œufs, et une truite de trois ans, 700 à 800. Il est aussi à noter que la laitance d'un mâle suffit pour féconder les œufs fournis par une demi-douzaine de femelles ou même davantage.

« MM. Géhin et Remy placent les œufs ainsi fécondés sur une couche de gravier, dans des boîtes en fer-blanc criblées de trous; ces boîtes ont environ 15 centimètres de diamètre sur 8 de profondeur, et peuvent contenir chacune environ un millier d'œufs. On les place dans quelque petit ruisseau dont les eaux sont vives et claires, mais peu profondes; on les y enterre un peu et on dispose les choses de façon que le courant puisse opérer un renouvellement rapide dans l'eau dont les œufs sont baignés, car l'agitation du liquide est nécessaire, non-seulement pour assurer la respiration des embryons, mais aussi pour empêcher le développement de conferves qui ne tarderaient pas à envahir les œufs si l'eau était stagnante, et déterminerait la mort du frai. Le développement de ces embryons dure environ quatre mois, et c'est, en général, vers la fin de mars ou en avril que l'éclosion a lieu ; pendant six semaines encore les truites nouvellement nées portent sous l'abdomen la vésicule ombilicale ou vitelline qui renferme les restes de la matière nutritive, analogue au jaune de l'œuf des oiseaux, et c'est d'abord aux dépens de cette substance que le frai se nourrit; mais, lorsque l'absorption s'en est effectuée, le petit poisson a besoin d'autres aliments, et il faut alors le faire sortir de la boîte qui lui a servi de berceau, et le laisser vaguer librement dans le ruisseau ou l'étang que l'on veut peupler. Enfin, pour procurer à ces petits animaux une nourriture abondante et appropriée à leurs besoins, il suffit de laisser ou d'introduire quelques grenouilles dans les eaux où ils se tiennent, car le frai de ces batraciens est un aliment qu'ils recherchent avec avidité, et les têtards constituent aussi une excellente pâture pour les truites plus avancées en âge. Lorsque les petites truites que l'on élève de la sorte sont destinées à servir de suite à l'empoissonnement d'une rivière, il faut les placer dans les ruisseaux tributaires de celle-ci et choisir les cours d'eau qui bouillonnent sur un fond de cailloux ou de rocher.

« A mesure que ces poissons grandissent, ils descendent spontanément vers les eaux plus profondes, et n'y arrivent que lorsqu'ils sont déjà assez agiles pour avoir des chances de se soustraire aux ennemis qu'ils y rencontrent ; tandis que, si on les plaçait directement au milieu d'autres poissons voraces, il n'y en aurait que peu qui échapperaient à la mort. Lorsque c'est dans des étangs ou des viviers qu'on veut les élever, il faut aussi avoir la précaution de séparer complétement les produits de chaque année, car les grosses truites dévorent les petites, et, pour éviter cette cause de destruction, il faut que tous les individus réunis dans une même enceinte aient le même âge. Pour établir d'une manière régulière ce genre d'industrie, il faudrait, par conséquent, avoir au moins trois étangs, et en faire la pêche alternativement trois ans après leur empoissonnement respectif, puis verser de nouveaux produits dans le vivier ainsi épuisé. Malheureusement, MM. Géhin et Remy n'ont pas à leur disposition les fonds nécessaires pour compléter de la sorte l'exploitation de leur procédé ; ils ont obtenu la concession d'un petit étang qu'ils ont approprié à cet usage, et ils en ont acheté un autre au prix de 800 fr. ; mais aujourd'hui leurs ressources pécuniaires se trouvent épuisées, et s'ils n'obtiennent pas quelques secours du gouvernement, je crains bien qu'ils ne se trouvent dans l'impossibilité de donner suite à des essais dont les débuts sont des plus satisfaisants. Les travaux de MM. Géhin et Remy me semblent d'autant plus dignes d'encouragements, que le succès ne peut donner que peu ou point de profit à ces deux hommes dévoués et actifs, mais contribuera à accroître les ressources alimentaires dont les populations riveraines ont la disposition. Ce ne serait même qu'en considérant les opérations d'empoissonnement comme des travaux d'utilité publique, et en les faisant exécuter aux frais de l'Etat, qu'on pourrait espérer donner une importance réelle à nos pêches fluviatiles ; mais en y consacrant des fonds même très-faibles, on arriverait, je n'en doute pas, à des résultats importants pour le pays.

« Si les procédés d'empoissonnement pratiqués par MM. Géhin et Remy n'étaient ap-

plicables qu'à la truite et à quelques autres poissons d'un produit faible, je n'y accorderais pas tout l'intérêt que j'y attache; mais on peut l'employer pour l'élève du saumon, et je suis convaincu qu'il serait facile de rendre ainsi à nos rivières de la Bretagne les richesses ichthyologiques qui tendent à en disparaître, et même d'acclimater le saumon dans des fleuves qui, jusqu'ici, n'ont été que peu ou point fréquentés par ce poisson.

« Rien n'est plus facile que le transport des œufs fécondés nouvellement, ou de saumons vivants dont l'abdomen est rempli soit d'œufs, soit de laitance, et lors même que ces individus reproducteurs viendraient à mourir en route, la fécondation et le développement de leurs œufs pourraient encore s'effectuer. En plaçant les œufs ainsi fécondés artificiellement dans des ruisseaux convenablement choisis, les jeunes saumons se développeraient comme dans les lieux que leurs parents auraient choisis pour y frayer; ils émigreraient comme d'ordinaire vers la mer, et lorsque après avoir grandi dans les profondeurs de l'Océan, ils éprouveraient le besoin de frayer à leur tour, ils ne manqueraient pas de revenir en grand nombre vers le fleuve dont ils étaient sortis, et en remonteraient le cours afin d'y chercher un lieu convenable pour le développement de leur progéniture. On sait, en effet, par des expériences déjà anciennes faites en Bretagne par Deslandes, et par des observations du même genre répétées de nos jours en Ecosse par le duc d'Athol, sir W. Jardine, M. Baigrie, M. Haysham et M. Young, le directeur des pêcheries du duc de Sutherland, à Invershin, que, guidé par un singulier instinct, comparable à celui des hirondelles voyageuses, le saumon, après avoir émigré au loin dans la mer, revient d'ordinaire dans les eaux où il est né, et que les individus d'une même race se perpétuent de la sorte dans certains fleuves sans se mêler à la population des eaux étrangères. Il me semble, par conséquent, indubitable que, dans l'espace d'un petit nombre d'années, il serait possible, non-seulement de multiplier beaucoup les saumons dans toutes les rivières où ils s'engagent naturellement, mais aussi d'introduire et d'acclimater ces grands et précieux poissons dans plusieurs de nos cours d'eau qui, jusqu'ici, en ont été complétement privés.

« Pour le saumon et pour la truite, ainsi que pour beaucoup d'autres poissons, le procédé de multiplication mis en pratique par MM. Géhin et Remy me semble être le moyen le plus sûr et le plus facile pour obtenir l'empoissonnement des rivières; mais on ne peut pas avoir recours à la fécondation artificielle des œufs pour peupler nos eaux douces de certaines espèces dont l'introduction serait cependant fort utile dans un grand nombre de localités. Ainsi on ne trouve jamais les anguilles chargées de laite ou d'œufs en maturité, et ces poissons paraissent ne se reproduire que dans les profondeurs de la mer, d'où l'on voit sortir chaque année des légions innombrables d'anguilles nouvellement nées, qui s'engagent dans les rivières et sont connues des pêcheurs sous le nom de *montée*. Pour peupler les étangs et les ruisseaux qui en manquent aujourd'hui, il faudrait, par conséquent, y transporter de ce frai et renouveler l'opération périodiquement. Or, M. Coste a fait voir dernièrement que ce transport peut s'effectuer avec la plus grande facilité, même à des distances fort considérables. Pour cela, il suffit de placer la *montée* au milieu d'une masse de brins d'herbe mouillée et d'en empêcher la dessiccation. Les expériences que M. Coste poursuit en ce moment à Paris, dans le laboratoire du collége de France, prouvent aussi qu'on peut nourrir à peu de frais les petites anguilles, de façon à les faire grandir rapidement; et il me semble probable que, dans beaucoup de localités marécageuses, l'élève de ces anguilles serait une industrie lucrative pour nos agriculteurs.

« D'après l'ensemble des résultats dont j'ai eu l'honneur de vous rendre compte, monsieur le ministre, et d'après des expériences analogues à celles de MM. Géhin et Remy, faites par M. Lefebvre de Vaugouard, il me semble démontré qu'avec de la persévérance on pourrait, à peu de frais, améliorer beaucoup la faune ichthyologique de la France, et obtenir ainsi de la portion de notre territoire qui est recouverte par les eaux un revenu beaucoup plus considérable que celui qu'on tire aujourd'hui. Ce serait pour le pays tout entier un accroissement de richesses, et des essais de ce genre me paraissent d'autant plus importants à faire, que plusieurs circonstances tendent à diminuer journellement les ressources alimentaires que nous procure la pêche fluviatile. La rareté croissante du poisson dans un grand nombre de nos rivières ne dépend pas seulement de la manière dont la pêche y a été pratiquée; elle tient aussi à d'autres circonstances, parmi lesquelles on doit ranger l'extension de notre industrie manufacturière. Ainsi les barrages que l'on établit en si grand nombre pour le service des moteurs hydrauliques sont autant d'obstacles à la reproduction des poissons divers qui ont besoin de remonter les cours d'eau jusqu'aux sources pour y trouver des lieux propres à recevoir leur frai, et les individus procréateurs arrivant en moindre nombre dans les petits ruisseaux, la population ichthyologique de la rivière en souffre, car les œufs ne se trouvent plus dans les conditions favorables au développement des jeunes, et les moyens de recrutement de toute la faune s'en amoindrissent avec rapidité. Si, comme en Ecosse et même en Angleterre, il existait en France beaucoup de riches propriétaires qui possédassent des cours d'eau d'une étendue très-considérable, on pourrait laisser à la charge de l'industrie privée tous les travaux relatifs à l'amélioration de la pêche fluviatile, car celui à qui l'une de ces rivières appartiendrait aurait un intérêt direct à en

augmenter les produits. Mais, chez nous, il en est tout autrement, et l'individu qui s'occuperait de l'empoissonnement d'un cours d'eau ne pourrait guère espérer recueillir lui-même quelques profits de son entreprise; il augmenterait les ressources alimentaires dont disposent ses concitoyens, et rendrait de la sorte un service réel à son pays; mais il n'aurait qu'une faible part dans les bénéfices obtenus, et d'ordinaire il manquerait de stimulants pour entreprendre ce travail. L'empoissonnement de nos rivières serait une opération d'utilité publique; ce serait donc, ce me semble, à l'État qu'incomberait le soin d'y pourvoir. Des essais de ce genre, faits sur une grande échelle, mais conduits avec sagesse et confiés à des hommes intelligents, n'entraîneraient pas à de fortes dépenses et pourraient conduire à des résultats importants. Si vous jugiez convenable d'en faire exécuter, vous trouveriez dans les deux pêcheurs de la Bresse dont je viens d'avoir l'honneur de vous entretenir, monsieur le ministre, des agents capables et zélés, et j'ajouterai que les charger de ce travail serait, ce me semble, la meilleure récompense que le gouvernement pût leur accorder. Du reste, une entreprise pareille nécessiterait des études préliminaires sérieuses et soulèverait plusieurs questions pour la solution desquelles le concours de l'administration des eaux et forêts serait nécessaire ainsi que les lumières des naturalistes, et peut-être serait-il bon d'en charger une commission mixte.

« En résumé, nous voyons que l'empoissonnement des eaux douces, par la méthode de fécondations artificielles, a été proposé il y a fort longtemps, mais n'a été tenté en France que dans ces derniers temps; que MM. Géhin et Remy *paraissent* avoir été les premiers à mettre ce procédé en pratique chez nous, et sont arrivés de leur côté à des résultats analogues à ceux obtenus vers la même époque en Angleterre, par M. Boccius; que les travaux de ces deux pêcheurs sont dignes d'intérêt; et qu'en appliquant à la multiplication du saumon les moyens dont ils font usage avec succès pour l'élève de la truite, on parviendrait probablement à augmenter beaucoup les produits fournis par nos pêches fluviatiles. »

Ce que nous venons d'extraire du remarquable rapport de M. Milne Edwards, et les expériences positives qui ont été faites par M. Géhin lui-même dans une séance (du 28 janvier 1851) du comité des Arts, Manufactures et Commerce de l'Académie nationale, ne nous laissent aucun doute sur les immenses avantages qui résulteront infailliblement de cette admirable découverte sur laquelle la science s'est nettement prononcée, et qui doit rassurer quelque peu ceux de nos alarmistes qui veulent bien nous prédire que dans un temps prochain nos ressources alimentaires ne seront plus en harmonie avec les besoins de nos populations.

Il demeure donc acquis à l'histoire que MM. Géhin et Remy ont trouvé par eux-mêmes, et sans qu'aucune tradition théorique ait pu les aider dans leurs recherches, la *fécondation artificielle du poisson;* qu'ils avaient complétement réussi dans leurs travaux, avant même que la science se fût emparée de leur procédé, et qu'ainsi ces deux pêcheurs vosgiens ont rendu un service d'une portée incalculable, non-seulement à la France, mais à l'humanité tout entière. En effet, nous allons indiquer sommairement les conséquences de leur découverte.

1° Avant la ponte artificielle du poisson, il était, sinon impossible, du moins d'une grande difficulté de transporter la truite d'un ruisseau dans un autre : la truite exigeant pour vivre une eau vive et sans cesse renouvelée, et ne pouvant rester plus d'une ou deux minutes hors de l'eau. Mais ce qui était presque impossible, avant la découverte de l'éclosion artificielle, devient non-seulement possible aujourd'hui, mais d'une exécution très-facile, car les œufs fécondés peuvent se transporter à des distances de plus de huit cents kilomètres sans être altérés, pourvu qu'on ait le soin de renouveler de temps en temps l'eau du vase ou de la bouteille, qui renferme ces œufs. Le moyen de repeupler les rivières est donc trouvé.

2° La ponte naturelle avait contre elle quatre causes permanentes d'insuccès que le procédé Géhin et Remy a pour résultat de faire disparaître : *Première cause :* les œufs de truite sont généralement déposés dans les cours d'eau vive et torrentielle assez près de la surface de l'eau ; de sorte que si le nid venait à se trouver à sec par la baisse des eaux la progéniture était perdue. *Deuxième cause :* si, au contraire, une crûe d'eau subite arrivait, souvent le nid était culbuté ou recouvert de limon, de pierres ou de sable qui empêchaient complétement l'éclosion. *Troisième cause :* indépendamment de ces deux obstacles il en existait un troisième, provenant de la truite elle-même qui, comme on le sait, vit principalement d'épinoches, dont les ruisseaux sont remplis, et dévore, sans distinction de famille, tous les poissons plus petits qu'elle-même; or, il arrive assez fréquemment que la truite dévore sa progéniture, quand ce n'est pas le brochet. Enfin une *quatrième cause* d'insuccès de la fécondation *naturelle* des œufs de poissons, pour la truite surtout, c'est que le nid consistant en un creux pratiqué dans le sable, était comblé d'œufs, non-seulement par une truite, mais par toutes celles du voisinage qui arrivaient à leur tour y déposer les leurs. Ces œufs ainsi accumulés recevaient la liqueur séminale du mâle, mais on conçoit que la couche supérieure étant seule mise en contact avec la laitance, cette couche seule était fécondée et arrivait à éclosion.

Tous ces empêchements sont les causes permanentes du dépeuplement malheureusement trop évident de nos fleuves, rivières et ruisseaux. Mais grâce au procédé de MM. Géhin et Remy, grâce à l'intelligence de l'homme dont la destinée paraît devoir

être, en toute chose, d'aider la nature dans tous ses enfantements, la multiplication des poissons peut être à volonté portée à son plus haut degré, puisque ces ingénieux pêcheurs peuvent faire produire des milliers et des millions, là où la nature n'arrivait à produire que des unités ou des dizaines, rarement des centaines.

Une troisième conséquence de cette importante découverte est la possibilité d'*acclimater* certaines espèces dans des eaux qui, jusqu'ici, ne leur paraissaient pas favorables. MM. Géhin et Remy sont même convaincus, qu'à fort peu d'exceptions près, toutes nos eaux courantes peuvent recevoir et nourrir de la truite, celle-ci étant déposée dans le bas lit de nos rivières, étangs ou ruisseaux, après son éclosion. Un autre avantage que permettra cette découverte sera la substitution, dans la plupart de nos étangs, de la truite au brochet; car la valeur de ce dernier poisson est incontestablement moindre que celle de la truite qui remplira mieux encore le rôle du brochet dans les étangs, savoir : de les désencombrer de l'innombrable multitude de petits poissons dits *fretin*, produits par la carpe principalement, qui peut en pondre, dit-on, jusqu'à soixante mille par femelle. Enfin, tout le monde sait qu'il est très-fréquent de voir les poissons de nos réservoirs périr d'une maladie dite *le blanc*, dont, jusqu'à ce jour, on n'a pu les préserver. Dans certaines contrées, cette maladie est ainsi appelée, parce que ses symptômes se manifestent par des taches blanches à la tête et à la queue des poissons. Eh bien! MM. Géhin et Remy viennent encore apporter à cette maladie un remède infaillible : ils ont reconnu que jamais poisson mâle ou femelle, provoqué à la ponte, selon leur procédé, ne prenait cette maladie; de là à l'induction rationnelle de ces phénomènes il n'y avait qu'un pas; ils ont observé, en effet, que les poissons déposés dans nos réservoirs y gardaient leurs œufs et leur *laitance*, malgré leur *maturité* (pour nous servir de leurs expressions); et que ces œufs, finissant par se corrompre dans le corps des poissons, étaient la seule cause de la maladie qui les faisait périr.

Mais si la ponte a lieu avant le dépôt en réservoir, les poissons peuvent s'y conserver plus de dix ans pleins de vigueur et de santé.

Encore un mot sur quelques détails de la multiplication artificielle des poissons : MM. Géhin et Remy n'agissent point par tâtonnement, mais d'une manière sûre dans l'acte de la fécondation. Ils ont remarqué que les œufs sortant du ventre de la femelle étaient injectés de sang, que cette couleur rouge disparaissait presque subitement après le contact de la liqueur séminale du mâle, pour prendre la teinte du jaune d'or foncé ; enfin que les œufs, non encore susceptibles de fécondation, parce qu'ils n'étaient pas arrivés à tout l'accroissement désirable, restaient blancs; *tout ceci peut*, disent-ils, *être reconnu en moins de dix minutes*. Un point noir accompagne toujours le signe certain de la conception; ce point persiste jusqu'à l'éclosion; et chose sur laquelle nous appelons surtout l'attention des naturalistes, cette éclosion se fait d'une manière toute particulière, et tout à fait à l'encontre de la formation naturelle, car de chaque œuf il sort : 1° une saillie qui forme la queue; 2° une autre saillie opposée qui forme la tête de chaque poisson, avec cette circonstance non moins remarquable que l'œuf lui-même forme le corps, le tronc du poisson, et que les déchirures en avant et en arrière de cet œuf se convertissent en nageoires. L'œuf est encore visible après plusieurs semaines et forme l'abdomen, probablement parce que la matière qu'il renferme sert de nourriture première à l'être nouveau-né. Une précaution essentielle dans l'opération de la fécondation artificielle, est de ne charger les œufs que d'une quantité donnée de liqueur séminale : trop ou trop peu produit le même résultat, c'est à dire l'insuccès. Le point délicat à obtenir fait le secret des inventeurs comme le lieu et la manière d'exposer les œufs dans les cours d'eau.

Plus tard, lorsque la découverte de MM. Géhin et Remy sera publiquement reconnue et récompensée, des renseignements complémentaires seront sans doute fournis. Aujourd'hui, nous demanderons à l'académie nationale de vouloir bien ratifier les conclusions suivantes : 1° MM. Géhin et Remy sont admis, à dater de ce jour, parmi les membres de l'Académie nationale, agricole, manufacturière et commerciale, et leurs noms renvoyés à son comité des récompenses. 2° Le présent rapport, imprimé immédiatement aux frais de la Société, sera adressé à M. le ministre de l'agriculture et du commerce avec recommandation spéciale.

L'Académie nationale en procédant ainsi à l'égard des auteurs d'une découverte qui présente le double avantage d'enrichir le présent et l'avenir, ne fait qu'accomplir un acte de souveraine justice. (*Conclusions adoptés à l'unanimité.*)

POLYTYPIE. — La polytypie est un procédé de reproduction en métal de la gravure sur bois, qui s'applique surtout aux dessins de faible dimension (pour les autres on emploie les procédés de stéréotypie au moyen du plâtre). Ces procédés ont beaucoup d'analogie avec ceux de la fonderie en caractères. — *Voy.* STÉRÉOTYPIE. — *Voy.* aussi CARACTÈRES D'IMPRIMERIE.

1° *Fabrication de la matrice.* — On fixe la gravure sur bois dont on veut avoir une matrice, dans une espèce de timbre sec, à l'extrémité d'une vis à filet carré qui monte ou descend dans son écrou, et qu'on fait mouvoir au moyen d'un balancier horizontal, garni de deux poids aux extrémités. Dans un petit auget placé au-dessous de la vis, on verse du plomb durci par un peu de métal à caractères, peu chaud, qu'on agite jusqu'à ce qu'il devienne pâteux. Dans cet état, au moment où il va se solidifier, le métal a perdu presque toute sa chaleur la-

tente, c'est-à-dire celle qui se dégage quand un corps passe de l'état liquide à l'état solide. On fait alors descendre rapidement la vis, et le bois gravé frotté de sanguine vient choquer brusquement le métal. Celui-ci chasse violemment l'air des creux dans lesquels il pénètre et se solidifie instantanément. La chaleur dégagée n'est pas assez grande pour attaquer le bois, à moins que celui-ci n'ait gardé de l'humidité en un point; ce qui ne peut guère arriver, car le bois qu'on emploie est toujours très-sec. Tandis que dans les procédés ordinaires de la fonte, c'est la liquidité du métal qui lui permet d'entrer dans les plus petits intervalles; ici c'est le choc qui le chasse, et qui permet de l'employer à un état intermédiaire entre l'état liquide et l'état solide, ce qui, comme nous l'avons dit, évite un trop grand dégagement de chaleur. On obtient ainsi une matrice en plomb, qui ne pourrait servir pour prendre l'empreinte avec le métal liquide, mais qui pourra servir à répéter l'opération précédente.

2° *Fabrication du relief.* — On porte cette matrice en plomb au clichoir, qui consiste essentiellement dans un mouton glissant entre deux rainures, et sous lequel on fixe avec des vis horizontales la matrice en plomb. Le mouton est suspendu par une corde qui permet de donner la force de percussion convenable, en variant la hauteur de la chute. Cette corde s'enroule sur un cylindre, qui devient libre quand on agit sur un petit embrayage, effet qui se produit quand on abaisse le verrou qui ferme le devant du clichoir. Cette partie antérieure consiste en une double porte de tôle pour arrêter la matière qui est projetée en tous sens. Pour obtenir le cliché, on verse sur du papier gris du métal convenable, on l'agite jusqu'à ce qu'il arrive à l'état pâteux; le plaçant alors à l'endroit où doit tomber la matrice, on ferme le clichoir, et poussant le verrou, le mouton tombe. L'empreinte se trouve très-bien prise, on la détache de la matrice avec un canif; elle n'est qu'un peu plus épaisse que la profondeur d'œil de celle-ci, puisque le métal a été projeté horizontalement sur les côtés.

Il serait inutile d'essayer de quelque moyen de fondre en même temps le support nécessaire à la gravure pour l'imprimer, parce qu'il faudrait alors opérer sur une masse de métal considérable, et qui ferait certainement fondre la matrice. Pour monter ces clichés sur un support, afin qu'on puisse les intercaler dans le texte au milieu des caractères ordinaires, on prépare des bandes de bois de hauteur convenable et d'une épaisseur égale à la force de corps du caractère, diminuée de celle du cliché. On adapte le cliché sur le bois au moyen de petites pointes qu'on loge dans les creux, puis on scie le bois et on le dresse des deux côtés de manière à avoir une approche convenable. Au moyen du tour ou du rabot on met le tout bien exactement de hauteur et d'équerre sur toutes ses faces.

L'emploi du bois offre l'inconvénient que les lessivages qui ont lieu sur les formes tendent à déranger les hauteurs et l'aplomb par le gonflement qui en résulte. On peut employer avec avantage un procédé que nous avons expérimenté d'après l'exemple des fondeurs anglais et qui nous a fourni des résultats satisfaisants. On fond un bloc creux ayant l'apparence d'une masse pleine, mais évidé intérieurement de manière à ce que son poids soit le moindre possible, tout en ayant une résistance suffisante au serrage de la forme. Sur ce bloc fondu de hauteur nous soudons le cliché à une température assez basse pour ne pouvoir l'attaquer, au moyen d'alliage fusible mélangé d'un peu de mercure pour que les surfaces soient bien attaquées. L'adhérence est parfaite et ne cède jamais au tirage quand on a bien procédé.

Le procédé de polytypie que nous venons de décrire est celui qui a toujours été employé jusqu'à ce jour. Mais un perfectionnement important tend à prendre place dans ce travail, et le jour est peu éloigné où il se substituera complétement à l'ancien procédé. C'est celui qui consiste à remplacer la matrice de plomb facilement inaltérable par une matrice en cuivre obtenue par la *galvanoplastie*. Celle-ci, obtenue ainsi avec un grand degré de pureté, presque inaltérable dans la production du cliché, dont les plats sont brillants et les arêtes extrêmement vides, est un progrès réel qui n'est retardé que par le temps nécessaire à la transformation du matériel existant aujourd'hui dans les ateliers (1).

POMPES. — Machines employées à élever l'eau ou tout autre liquide au-dessus de son niveau. Les formes de ces appareils varient presque à l'infini, mais tous sont basés sur le même principe, la pression atmosphérique. Nous examinerons dans le cours de cet article les divers systèmes de pompes le plus généralement adoptés.

Vitruve attribue l'invention des pompes à l'Athénien Ctésibius, et l'on croit généralement que la pompe employée par lui était à la fois aspirante et foulante, peut-être bien aussi l'appareil dont parle Vitruve pourrait-il bien n'être qu'une simple fontaine d'Hiéron.

Voici de quelle manière l'*Encyclopédie méthodique* parle des pompes.

On voit dans les cabinets de physique des modèles de ces machines ingénieuses, à l'aide desquelles on élève l'eau du sein de la terre, on la transporte par-dessus les plus hautes montagnes, soit pour l'utilité, soit pour l'agrément; on l'élance dans les airs pour détruire l'activité du feu dévorant; on dessèche des marais; on rend à la culture des terres ensevelies sous les eaux; on dessèche des mines pour en arracher les richesses qu'elles contiennent.

On construit des pompes de plusieurs es-

(1) Cet article est emprunté à M. Ch. Laboulaye. (*Diction. des Arts et Manufactures.*)

pèces, les unes *aspirantes*, par le moyen desquelles l'eau s'élève, par suite de la pression de l'air dans le vide formé à l'instant où on élève le piston; celles-ci ne peuvent élever les eaux qu'à trente-deux pieds, parce qu'alors la colonne d'eau élevée par le poids de la colonne d'air se trouve en équilibre avec elle.

Dans nos climats et dans les lieux qui ne sont pas beaucoup élevés au-dessus du niveau de la mer, pour élever les eaux plus haut, on a recours aux pompes *foulantes*. Comme dans celles-ci la colonne d'eau qu'on élève est immédiatement portée par le piston et que le piston est mené par une puissance aussi grande que l'on veut, il est évident qu'avec leur secours on élèvera les eaux à telle hauteur que l'on désirera. Si les pompes foulantes ont l'avantage de porter l'eau à toutes sortes de hauteurs, elles n'ont pas celui de pouvoir être placées hors du puits ou du bassin d'où l'on veut tirer l'eau, comme les pompes aspirantes.

C'est une incommodité très-grande de placer et d'entretenir ces sortes de machines dans des lieux fort profonds, souvent étroits, difficiles à épuiser, et assez ordinairement dans les pays où la disette d'ouvriers intelligents ajoute encore à la difficulté des réparations. On évite ces inconvénients, et l'on jouit d'un double avantage, en construisant les pompes de manière à ce qu'elles soient aspirantes et foulantes. Le piston aspire en montant et foule en descendant. Le tuyau qui conduit l'eau de la source à la pompe ne peut, à la vérité, avoir que trente-deux pieds de hauteur perpendiculaire; mais cela suffit pour placer la pompe dans un lieu de facile accès, pour avoir autant de longueur que la force motrice le permet.

On emploie des forces différentes pour faire mouvoir les pompes; les bras des hommes, les chevaux, etc. On a soumis à ces ouvrages les éléments : l'air, l'eau, le feu. Avec la vapeur d'eau dilatée on fait mouvoir les pistons dans la pompe à feu. (*Voy.* MACHINES A VAPEUR.)

Les pompes mues à force de bras sont les moindres de toutes les machines, parce que la force de l'homme, avec quelque art qu'on l'emploie, ne peut suffire longtemps à élever une grande quantité d'eau. Les pompes à chevaux sont d'une grande utilité, et fournissent souvent plus d'eau en une heure que la source n'en fait jaillir en quatre jours.

Les éléments sont les agents les plus puissants que l'on puisse employer; l'eau agit jour et nuit lorsqu'on peut faire usage de son courant ou de sa chute pour faire mouvoir les pompes. Lorsqu'on est voisin d'un ruisseau ou d'une rivière, on y établit des moulins pour faire mouvoir les pompes.

Voici de quelle manière l'*Encyclopédie* parle de la *machine de Marly*, qui, pour l'époque où elle fut construite, était un véritable chef-d'œuvre de mécanique. Son premier mobile est l'eau d'un bras de la rivière de Seine, lequel, par son courant, fait tourner quatorze grandes roues qui mènent des manivelles, et celles-ci des pistons qui amènent l'eau dans les pompes. Les pompes foulantes la forcent à monter dans des canaux le long de la montagne, jusqu'à un réservoir placé sur son sommet : un superbe aqueduc conduit ces eaux à Versailles. Les eaux dans cette machine s'élèvent, pour ainsi dire, par deux stations le long de la montagne. Les pompes aspirantes et foulantes font monter d'abord l'eau par cinq tuyaux à cent cinquante pieds de hauteur dans le premier puisard, éloigné de la rivière de cent toises. Des balanciers, mis en mouvement par les roues que l'eau fait mouvoir, font agir des pompes placées dans les deux puisards celles qui répondent au premier puisard, reprennent l'eau qui a été élevée à mi-côte, et la font monter par sept tuyaux dans le second puisard élevé au-dessus du premier de cent cinquante pieds, et éloigné de trois cent quatre-vingts toises de la rivière; de là elle est reprise de nouveau par les pompes qui sont dans le second puisard, et qui la refoulent, par six tuyaux de huit pouces de diamètre, sur la plate-forme, élevée au-dessus du puisard supérieur de cent soixante-quinze pieds, et de cent cinquante-deux pieds au-dessus de la rivière, dont elle est éloignée de six cent quatorze toises; de cet endroit l'eau coule sur un aqueduc de trois cent trente toises de long, percé de trente-six arcades en suivant la pente qu'on lui a donnée, jusqu'auprès de la grille du château de Marly, d'où elle descend dans les grands réservoirs qui la distribuent aux jardins et aux bosquets.

Les eaux élevées dans les réservoirs de la Samaritaine et du pont de Notre-Dame, d'où elles se distribuent dans les fontaines, dans les jardins publics, le sont par des roues mises en mouvement par le courant de la rivière, qui font jouer des pompes aspirantes et foulantes.

On peut construire sur des rivières ou sur de petits ruisseaux des moulins qui servent à moudre du blé et à monter les eaux quand on le veut, en décrochant seulement la manivelle. Sur les montagnes, sur les lieux élevés, ou dans les endroits où le vent a un libre cours, on peut employer des moulins pour faire jouer des pompes. Ces moulins ressemblent à des moulins à vent ordinaires. Ils offrent cependant un avantage de plus, c'est de se mettre d'eux-mêmes au vent par le moyen d'une queue en forme de gouvernail, portant sur un pivot qui tourne dans tous les sens. On en a exécutés de pareils à Versailles, Marly, Meudon, Châtillon, Bercy. — *Voy.* MARAIS (*Dessèchement des*).

La machine pour épuiser les eaux de la mine de Pomplan est, sans contredit, la plus parfaite en ce genre.

Dans l'économie domestique, les choses sont d'autant plus précieuses qu'elles peuvent servir à plusieurs fins utiles : les pompes à puits inventées par le sieur Thillage sont dans ce cas; elles ont l'avantage de fournir beaucoup plus d'eau que les pompes ordinaires, et d'être mises en jeu par une

simple manivelle les unes sont aspirantes et propres aux puits, dont la profondeur n'excède point trente pieds qui est la hauteur où l'eau s'élève par le poids de l'atmosphère. Les autres sont aspirantes et foulantes, et propres à élever les eaux dans un réservoir d'où l'on peut ensuite les distribuer dans la maison, pour les divers usages, soit bains ou autres commodités, sans augmenter beaucoup la dépense. On dispose cette même pompe à puits, de manière à pouvoir servir à éteindre l'incendie dans la maison où elle est placée; ces mêmes pompes peuvent être aussi d'usage pour arroser les jardins, et pour lancer l'eau sur les arbres à l'effet de faire périr les chenilles et autres insectes. Il a pareillement imaginé des pompes à incendie de plusieurs grandeurs qui donnent depuis six jusqu'à trente muids d'eau par heure.

On a annoncé en 1764 de nouvelles pompes de l'invention du sieur Darles de Linière, qui sont simples, légères, d'un transport commode, sans cuirs, agissent sans étranglement d'eau, et sans frottement sensible de piston et portent l'eau à toutes sortes d'élévations; trois nouveaux moyens de mécanique que M. de Linière a trouvés, et par lesquels s'opère le produit de ces pompes. Son grand objet de recherches a été principalement pour l'usage des vaisseaux de guerre et des bâtiments marchands; ces pompes élèvent beaucoup plus d'eau que les pompes que l'on emploie actuellement dans les vaisseaux de guerre, et cela dans la proportion de neuf à un; elles réunissent encore à ces avantages celui de mettre à l'abri du feu de la mousqueterie et du canon de l'ennemi les matelots qui les font mouvoir. Le moyen de mécanique qu'il emploie pour faire mouvoir les pompes, est une machine très-simple, applicable à l'élévation de toutes sortes de fardeaux comme à l'action des pompes. Avec cette machine, un ou plusieurs hommes, dans un nombre presque arbitraire, sans qu'ils puissent jamais s'embarrasser entre eux, leurs pieds placés sur des pédales ou châssis suspendus par des pointes mobiles à des leviers, peuvent appliquer en entier, sur la résistance et sans interruption toute la pesanteur de leur corps réunie à la plus grande force possible de leurs muscles.

M. de Linière a approprié ses pompes à tous les usages qui intéressent la société; il en a fait faire de tous diamètres, pour porter plus ou moins l'eau à toutes sortes d'élévations, pour les incendies, pour remplir des réservoirs au faîte des maisons et pour se procurer des eaux jaillissantes; elles agissent par toute espèce de moteurs, tels que les hommes, les chevaux, les machines à feu, les chutes d'eau, les puissances des vents.

Les descriptions en ce genre sont insuffisantes, elles ne peuvent qu'inspirer le désir de voir les objets.

Le même a construit des chapelets nommés communément *pompes à chapelets*. D'une construction nouvelle, ils ne sont point sujets aux fractures continuelles et aux interruptions ordinaires du travail des chapelets communs. Ces chapelets sont plus solides et plus parfaits que les autres; mis en action par les nouveaux moyens de mécanisme de l'auteur, ils sont propres à toute espèce de puisement, et à meilleur compte.

Tout le monde connaît aujourd'hui l'expérience hydraulique par laquelle on peut faire monter l'eau jusqu'à plus de soixante pieds par une simple pompe aspirante, en faisant une ouverture au corps de cette pompe, au-dessus du réservoir. M. l'abbé Nollet, qui a répété avec succès cette expérience, a observé qu'aussitôt l'ouverture faite, l'eau, qui se trouve au-dessous de cette ouverture, retombe par son propre poids, et qu'il n'y a que celle qui se trouve au-dessus qui soit attirée par l'aspiration de la pompe. Il est évident que, dans ce cas, la colonne d'eau qui a été aspirée se trouve partagée en deux; la partie inférieure ne communique plus avec le vide de la pompe, et retombe par l'effet de sa pesanteur; mais la partie supérieure à l'ouverture, conservant toujours sa communication avec le vide, reçoit toute l'impression de la colonne d'air extérieur qui la fait monter aussitôt à trente-deux pieds de l'ouverture faite au tuyau. Depuis l'on a fait connaître à M. l'abbé Nollet une pompe simplement aspirante qui élève l'eau sans interruption à la hauteur de cent cinquante pieds au-dessus du réservoir où est plongé le tuyau montant, et cet effet a lieu jusqu'à l'entier épuisement de l'eau contenue dans ledit réservoir. Cette pompe a, comme la précédente, un trou à son tuyau montant, mais qui, beaucoup plus petit, est placé à une moindre distance au-dessus du réservoir, et reste toujours ouvert. M. l'abbé Nollet attribue cette espèce de phénomène à l'air qui entre impétueusement par le petit trou pratiqué au tuyau et qui entrecoupe l'eau à mesure qu'elle monte, de sorte qu'il se forme dans le tuyau une colonne mixte, composée alternativement de volume d'eau et de volume d'air; elle se trouve par là assez légère pour être soulevée par l'air extérieur qui pèse sur le réservoir, et cependant assez longue pour atteindre à la hauteur de cent cinquante pieds; bien loin donc que la nouveauté dont il est ici question déroge au principe hydrostatique sur lequel sont fondées toutes les pompes aspirantes, elle prouve de plus en plus que ces sortes de machines élèvent les différentes liqueurs plus ou moins haut, en raison de leur densité; et que la pression de l'atmosphère, qui ne peut y porter que trente-deux pieds d'eau quand elle est sans mélange, doit faire monter bien davantage un fluide composé d'eau et d'air, parce qu'il est beaucoup plus léger.

M. l'abbé Nollet a observé que les pompes aspirantes, qui élèvent l'eau au-dessus de trente-deux pieds, sont plus curieuses qu'utiles, parce qu'elles s'élèvent au delà de la hauteur ordinaire.

Il existe, ainsi que nous l'avons dit au

commencement de cet article, nombre de moyens mécaniques employés dans la construction des pompes. Nous allons passer en revue quelques-unes de ces utiles inventions, afin de pouvoir faire embrasser au lecteur l'ensemble des progrès accomplis dans cette partie de la science hydraulique.

Pompes foulantes et aspirantes. — *Inventions de M. Berger.* — An X. — L'Institut, dans sa séance du 16 germinal an X, ayant nommé MM. Bory et Monge pour lui faire un rapport sur la pompe de M. Berger, voici le compte qu'en ont rendu ces commissaires :

« Cette pompe diffère des autres pompes aspirantes, tant en elle-même que par la manière dont l'auteur la fait mouvoir. Cet artiste n'ayant fourni aucun mémoire, nous allons y suppléer afin de mettre en état d'apprécier ses idées, et les avantages qu'il se propose ; ils sont de nature à mériter l'attention. Pour ne point entrer dans des détails superflus, nous supposerons une pompe aspirante en pleine activité, et nous allons rappeler ce qui arrive. Dans la levée du piston, la soupape dormante, que dans la marine on nomme la *chopine* de la pompe, est ouverte ; l'eau du réservoir s'élève dans le corps de pompe par la pression de l'atmosphère et suit le piston, tandis que l'eau qui est au-dessus du piston monte avec lui et arrive au dégorgeoir. L'eau du réservoir entre avec d'autant plus de vitesse que la soupape dormante est plus étroite et que la course du piston est plus rapide. Dès que cette ascension du piston est finie, la soupape dormante se ferme avec vivacité, tant par le poids qui lui reste que par celui de l'eau qui tend à descendre, et qui en effet descend un peu, la direction de son mouvement étant changée brusquement. Ce dernier effet n'est pas très-sensible lorsque l'aspiration n'est pas considérable, ou qu'il n'y a pas une grande distance entre le piston et la soupape dormante. Mais lorsqu'une pompe est établie à cent ou deux cents mètres d'une rivière ou d'un réservoir, et qu'au lieu d'un aqueduc on amène l'eau à la pompe par une conduite inclinée, ce qui est toujours possible, lorsque la différence du niveau entre le réservoir et la pompe n'excède pas vingt-sept à vingt-huit pieds de nos anciennes mesures; alors, dans le cas dont on vient de parler, il y a une lame ou oscillation du fluide dans toute la longueur de la conduite, qui, dans son retour, fait fermer la soupape dormante avec une telle violence qu'elle est assez promptement détruite. Cet effet est d'autant plus grand que la conduite a plus de longueur, et que la course du piston est plus rapide et plus étendue. Lorsque le piston descend, l'eau qu'il supporte descend avec lui d'une quantité d'autant plus grande que l'ouverture de sa soupape est plus petite relativement à l'aire entière du piston avec sa garniture, et que la partie de la verge du piston qui s'immerge dans la descente est d'un moindre volume. L'eau prend donc ici un mouvement contraire à celui qu'elle avait d'abord, et, dans l'ascension suivante, il faut remonter de nouveau une partie de l'eau qu'on avait élevée par le coup précédent, et ainsi de suite. Il faut ainsi sans cesse vaincre l'inertie qui résulte du changement de direction du mouvement de l'eau, ou de son passage alternatif du mouvement au repos et du repos au mouvement. C'est principalement ce qu'on a cherché à détruire dans la pompe qui est soumise à notre examen; voici les moyens qu'on y emploie : la soupape dormante est établie comme à l'ordinaire ; mais au lieu d'un seul piston dans le corps de la pompe, il y en a deux. Le piston inférieur est soutenu par deux verges verticales artistement placées vers les extrémités d'un diamètre du piston, et le supérieur est supporté par une seule verge forcée à un étrier, de manière qu'elle répond au milieu du piston et ne nuit en rien au jeu de sa soupape. Les deux verges du piston inférieur traversent par conséquent le piston supérieur; mais les trous qui lui donnent passage n'ont pas besoin d'être parfaitement calibrés avec les deux verges : il peut y avoir un peu de jeu sans inconvénient; on le sentira aisément en faisant attention que ce piston est toujours environné d'eau. Le jeu de la pompe est tel que tandis que le piston inférieur monte, le supérieur descend précisément avec la même vitesse, et par sa soupape, qui est alors ouverte, il donne passage à l'eau que l'inférieur élève. De même, lorsque le piston inférieur descend, le supérieur monte, et porte encore l'eau au dégorgeoir. On voit que, par cette manœuvre, l'eau est sans cesse portée au dégorgeoir, qu'elle n'a ni mouvement rétrograde ni repos, et par conséquent qu'il n'y a point à cet égard d'inertie à vaincre; on voit encore que la soupape dormante reste toujours ouverte, et qu'elle n'est même utile que lorsque les hommes suspendent leur action et lorsqu'on commence à pomper. Cette disposition nous a paru à la fois ingénieuse et importante; on peut l'appliquer avec avantage à toutes sortes de pompes, surtout à celles destinées aux épuisements des mines ; elle serait de la plus grande utilité lorsqu'on élève l'eau par une grande conduite inclinée. Cette idée n'appartient pas à M. Berger, qui convient lui-même la devoir à un Anglais nommé Noble. Dans les pompes anglaises, le jeu simultané, égal et contraire des pistons se fait par des manivelles coudées, et les verges sont maintenues dans la verticale pendant toute leur course, à l'aide d'un appareil d'un usage sûr, mais compliqué et dispendieux. C'est en ceci que M. Berger diffère des Anglais. Il propose deux moyens pour faire mouvoir ses pompes, qui peuvent, dit-il, être employés conjointement ou séparément. Nous allons les décrire et en faire sentir les effets.

« La pièce principale est un losange, formé de quatre triangles de fer réunis à charnières par leurs extrémités, de manière qu'on puisse ouvrir et fermer les angles, et former tous les losanges isopérimètres. Qu'on

se représente le plan de ce losange, placé verticalement avec une de ses diagonales dans une position horizontale, et soutenu par deux piliers d'égale hauteur, de manière que le même boulon réunit en même temps ces côtés au pilier correspondant. Dans cette position, il est clair que l'autre diagonale du losange sera verticale ; elle doit répondre au milieu du corps de pompe, et être dans le prolongement de son axe. A l'extrémité supérieure de cette diagonale, sont attachées les deux verges du piston inférieur, et à son autre extrémité est fixée celle du piston supérieur ; et le même boulon qui réunit les règles contiguës à cette diagonale, les réunit aussi aux verges des pistons. Devant faire varier les angles du losange, et par là la longueur de ses diagonales, on sent que les deux piliers qui le supportent ne peuvent être fixes. En conséquence, ils sont établis sur le pont entre les deux flasques, auxquelles ils sont réunis par un boulon, et ont ainsi un mouvement de rotation dans le plan du même losange. L'auteur nomme cet appareil un *losange à diagonales changeantes.* Sa disposition entendue, on sent qu'en rapprochant les angles horizontaux du losange, l'angle supérieur se lève, tandis que l'inférieur s'abaisse de la même quantité ; c'est le contraire en les écartant ; tel est le jeu des pistons. On voit que dans cet appareil, le maximum de la course de chaque piston est égal au côté du losange ; mais ce maximum n'est pas nécessaire, et il ne serait même pas possible de l'obtenir, car il importe que les piliers ne s'écartent pas trop de la verticale. M. Berger se propose d'employer un losange d'environ six décimètres de côté, et se contente de donner à chaque piston une course d'environ dix-huit pouces de nos anciennes mesures. Dans le jeu des pistons que nous venons de décrire, on sent que les différents points des côtés du losange s'élèvent et s'abaissent proportionnellement, de manière que la course de chaque piston et la course verticale d'un point quelconque, d'un côté, sont toujours en raison des distances du point de suspension du piston et du point dont il s'agit, au centre du mouvement du losange, qui est à l'extrémité du pilier voisin. Ainsi la ligne horizontale qui joindrait le milieu des côtés inférieurs, monte ou descend d'une quantité égale à la moitié de la course de chaque piston. C'est à cette ligne rendue matérielle que M. Berger transmet immédiatement l'action du moteur, et voici la disposition qu'il emploie : chaque côté inférieur du losange est traversé dans son milieu par un essieu de fer, auquel sont fixés deux moyeux de bois d'environ un décimètre de hauteur. La partie excédante de chacun des essieux est bien cylindrée et reçoit des roulettes de cuivre qui ont un épanchement du côté extérieur ; ces roulettes supportent une espèce de brancard qui embrasse le losange, en entrant dans des ouvertures longitudinales faites dans les côtés de ce brancard, et le tout est contenu par des écrous comme dans les voitures. La longueur des ouvertures des côtés du brancard est déterminée par la course que l'on veut donner aux pistons. Au milieu de chacun de ces côtés est un axe fixe ; ils doivent être bien cintrés, devant faire l'office d'un seul axe qui traverserait le brancard : ces axes entrent dans les côtés du châssis d'une brinqueballe qui embrasse tout le système ; elle est à peu près semblable à celles des pompes à incendie. L'axe du mouvement de la brinqueballe est supporté par deux poteaux verticaux, et le bras qui regarde le losange se trouve divisé au tiers de sa longueur par les axes du brancard. Il est visible qu'avec cet appareil, les hommes agissant sur les barres, font hausser et baisser le brancard, parce que les roulettes à épaulement, parcourant les ouvertures de ses côtés, permettront au losange de s'ouvrir et se fermer alternativement, ce qui produit le jeu des pistons. On voit également que la course du brancard ne sera que la moitié de celle des pistons, et que les hommes qui agissent sur les barres n'auront à parcourir que le même espace que les pistons, lesquels auront une course simultanée, parfaitement égale en sens contraire. Enfin les verges des pistons se maintiendront dans la même verticale, parce que, en vertu de ce mécanisme, les points du losange où elles sont attachées tendent à décrire en même temps deux courbes planes verticales égales et semblables, lesquelles sont adossées, ayant leur concavité tournée dans des sens opposés. Ainsi ces points ne peuvent suivre que leur tangente commune, qui est la verticale. Lorsque nous disons que la course des pistons sera le double de celle du brancard, cela ne doit pas se prendre à la rigueur, car, dans la disposition que nous avons décrite, elle sera un peu plus grande par l'effet de la rotation des piliers qui supportent le losange, parce que, en vertu de ce mouvement, la diagonale horizontale s'élève et s'abaisse dans un plan horizontal ; mais cet effet est plus avantageux que nuisible. Tel est le premier moyen de M. Berger.

« Avant de décrire le second, nous ferons en passant une remarque qui a échappé aux machinistes, dans l'application des brinqueballes qu'on vient de décrire. Ordinairement les hommes sont en dehors des barres et se regardent ; mais il vaudrait mieux qu'ils fussent placés en dedans et se tournassent le dos ; en voici la raison : dans la première disposition, lorsque les hommes abaissent la barre, les parties de leur corps qui participent à cette action décrivent des arcs dont la courbure est dans le même sens que celle de la surface cylindrique que décrit la barre, et, lorsqu'ils la relèvent, les mêmes parties décrivent des arcs adossés aux premiers, ou dont la courbure est tournée dans un sens opposé. Ces mouvements alternativement contraires fatiguent très-promptement, et la lassitude se fait surtout sentir vers les reins. Au contraire, lorsque les

hommes se tournent le dos, les parties de leur corps décrivent toujours le même arc et dans le même sens que la courbe décrite par la barre, soit qu'ils l'élèvent, soit qu'ils l'abaissent. Cette distribution des hommes n'augmente pas leurs forces ; mais elle produit le même effet, en ce qu'elle permet d'appliquer leur action plus longtemps et sans éprouver aussi promptement le décroissement progressif qui résulte de la fatigue. Le second moyen de M. Berger consiste à substituer un mouvement de manivelle à celui de la brinqueballe ; tout reste d'ailleurs le même que dans le premier appareil. Il établit ses manivelles sur le faux pont du vaisseau, et, pour communiquer de là au brancard et lui transmettre l'action, il adapte carrément et par le milieu aux extrémités des axes du brancard une pièce de fer d'une force suffisante, et un peu plus grande que le diamètre du corps de pompe. Aux extrémités de ces pièces il attache des tringles de fer qui traversent les ponts du vaisseau et soutiennent à leur extrémité inférieure un châssis aussi de fer qui embrasse la pompe ; à l'un des côtés de ce châssis il attache une autre tringle de fer qu'il fait descendre jusqu'à l'endroit où est placé la manivelle, et il la maintient parallèlement au corps de pompe au moyen de guides. Cette tringle est terminée par un axe fixe fort court, qui reçoit deux rouleaux de cuivre. Celui qui est le plus proche du corps de pompe est un rouleau de friction ; il passe entre deux jumelles verticales fixées à l'époutille ou au corps de la charpente qui soutient la manivelle, et ces jumelles servent de guide à la tringle. C'est au second rouleau que s'applique l'action de la manivelle dont l'axe doit être parallèle à celui du rouleau ; c'est en l'élevant et l'abaissant alternativement qu'on élève et qu'on abaisse le châssis avec tout le système qui y tient, et qu'on produit le jeu des pistons. Pour cela l'auteur adapte solidement, à l'extrémité de l'axe de la manivelle, une pièce de fer d'une forme assez semblable à celle d'un 8 ; il met autour de cette pièce quatre cannes courbes, égales et semblables ; leur courbure est sensiblement elliptique. Ces cannes sont de cuivre, mais elles peuvent être de bois et dans leur ensemble elles forment sur le plan de la première pièce, un 8 en relief dont les extrémités et le centre ne sont pas fermés, mais laissent un intervalle un peu plus grand que le diamètre du rouleau. Cette disposition est telle, que la partie convexe d'une des cannes forme une courbe continue avec la partie concave de la suivante et ainsi de suite : de sorte que le centre du 8 serait un point multiple de cette courbe. Cette disposition entendue, il est bien facile de concevoir le jeu de la machine. Le piston inférieur étant au point le plus bas de sa course et par conséquent le supérieur au point le plus élevé, le grand axe du 8 doit être vertical et la machine doit être disposée et calée, de manière que le rouleau réponde à la partie supérieure du 8 et dans l'espace que laissent entre elles les deux cannes contiguës tournant alors la manivelle dans le sens convenable, la concavité d'une des cannes appuie sur le rouleau et le force à descendre avec tout ce qui fait système avec lui. Continuant de tourner la manivelle, la convexité de la seconde canne vient appuyer sur le rouleau et le force à monter, puis, la concavité de la troisième canne fait descendre de nouveau pour remonter dans le dernier quart de tour de la manivelle, en appuyant contre la convexité de la quatrième canne et ainsi de suite. On voit que chaque coup de manivelle produit quatre coups de piston, ce qui fait huit coups pour les deux pistons, et que la longueur du coup est déterminée par le demi-grand axe du 8, moins le rayon de la circonférence que décrivent les extrémités inférieures des cannes ; et de plus qu'elle est double de cette quantité comme dans le premier appareil. L'auteur dit qu'on peut faire usage de l'un ou de l'autre de ces appareils, ou les faire agir simultanément. On peut sans doute prendre ce dernier parti ; mais comme il faut qu'ils agissent ensemble, qu'ils tendent à donner exactement la même course aux pistons, et que leur action commence et finisse en même temps, cela exigerait une perfection trop grande dans les deux mécanismes pour qu'on puisse s'arrêter à cette idée. Enfin, M. Berger propose d'adapter ses moyens aux pompes actuelles des vaisseaux ; mais pour celles qu'on construirait à l'avenir, il propose de faire les corps de pompe en cuivre rouge au lieu de les faire en bois. Dans la marine, les pompes sont en trois parties, dont celle du milieu est de cuivre jaune et les deux autres de bois ; ces parties sont réunies par les moyens ordinaires de raccordement. C'est dans la partie du cuivre qui est bien alaisée que se meut le piston. M. Monge pense que cette disposition est bonne, sans décider s'il convient de substituer le cuivre au bois. La partie supérieure de la pompe est la seule qui soit exposée au canon de l'ennemi ; mais en reçût-elle un dommage majeur, la réparation est facile et n'exige pas de grands soins.

« Nous devons cependant dire que la grande pesanteur des pompes en bois est un obstacle assez grand à leur prompte réparation en mer. Si l'on avait des tuyaux de rechange en cuivre, la réparation se ferait avec plus d'aisance et de célérité. Les tuyaux de cuivre doivent être, en outre, plus économiques que ceux de bois ; car, n'ayant pas à soutenir une grande colonne d'eau, ils n'ont pas besoin d'une grande épaisseur ; de plus ils sont d'une grande durée et la matière conserve toujours la moitié de son prix ; enfin, ils permettent d'augmenter le diamètre des pompes en diminuant leur volume. Tels sont les moyens de M. Berger ; il nous reste à les apprécier. En premier lieu, il n'y a pas de doute que la pompe aspirante à double piston ne soit préférable à la pompe aspirante simple. La théorie est ici d'accord

avec l'expérience, mais nous rappellerons que si cette pompe produit autant que deux pompes simples de même diamètre, elle exige aussi à peu près deux fois plus de force pour la faire mouvoir et en soutenir l'action; car un effet double exige une puissance double. On ne peut gagner que par la perfection de la main-d'œuvre et la bonne disposition des parties. On demandera peut-être s'il ne serait pas plus convenable d'employer deux pompes ordinaires au lieu d'une seule de l'espèce proposée, puisqu'il faut à peu près la même puissance dans les deux cas; mais nous n'hésitons pas à donner la préférence à la pompe unique, surtout pour la marine, où il est nécessaire de ménager l'emplacement; avec quatre de ces pompes on aura le même avantage qu'avec huit des autres; et si cela ne suffisait pas pour affranchir les voies d'eau et y apporter remède, on pourrait encore en augmenter le nombre; mais si cela ne suffisait pas encore, il faudrait avoir recours à d'autres moyens de salut dont ce n'est pas ici le lieu de parler. Admettant donc une fois les pompes à double piston, il faut un moyen pour les mettre en action. Le premier, proposé par M. Berger, nous paraît préférable aux manivelles coudées et leurs accessoires employés par les Anglais. Nous dirons seulement que si la course du piston est double de celle du centre d'action du moteur dans le même temps, cet effet, avantageux en lui-même, ne peut s'obtenir qu'aux dépens du moteur; c'est encore ici le même principe. Quoique dans l'usage du losange changeant il y ait assez peu de frottement, et qu'on puisse le diminuer par divers artifices mécaniques bien connus, il y a cependant une décomposition de forces qui rend variable l'effort des hommes, de sorte que leur action n'est pas constante dans tous les points de la course du piston; mais cette circonstance ne nous paraît pas mériter une grande attention. Ce premier appareil peut manœuvrer sur le pont ou sur le faux pont à volonté; et le passage d'une de ces dispositions à l'autre se fait avec autant de facilité que de promptitude; mais, si on en excepte le cas de combat, il nous paraît plus convenable de pomper au jour, surtout dans les pays chauds. On pourrait bien regarder la double brinqueballe de M. Berger comme embarrassante, mais nous dirons: 1° qu'elle ne l'est pas plus que les manivelles coudées des Anglais; qu'elle occupe moins de place que celles-ci, car ils sont dans l'usage de manœuvrer deux pompes à la fois, ce qui peut aussi se faire dans le système de M. Berger avec un seul losange et la même brinqueballe: 2° que dans les cas ordinaires où l'action d'une seule pompe suffit, on peut faire usage d'une seule brinqueballe et ne pomper que d'un bord, réservant la double brinqueballe pour les circonstances extraordinaires. D'ailleurs ces brinqueballes sont volantes et peuvent ne se mettre en place qu'au moment du service. Dans ce système on peut porter le brancard plus bas que le milieu des côtés du losange; ces changements adouciraient les mouvements de la pompe, sans autre différence que d'exiger du moteur une courbe plus grande. Au reste, tout peut être arrangé pour passer facilement d'une disposition à une autre. En second lieu, nous dirons que le second appareil de M. Berger nous paraît fort inférieur au premier, et nous n'hésitons pas même à le rejeter: 1° attendu que l'action des cannes sur le rouleau, en se décomposant en deux, l'une verticale et l'autre horizontale, il n'y a que la première d'utile et son effet est encore diminué par celui de la force horizontale qui produit un frottement considérable, frottement qu'à la vérité l'auteur diminue par le rouleau de friction qui est entre les deux jumelles verticales, mais il doit être encore très-grand; 2° parce qu'au passage du rouleau d'une canne à l'autre il doit y avoir un saut qui ne peut qu'être diminué dans la pratique sans pouvoir jamais être anéanti; 3° enfin, chaque tour de manivelle produisant quatre coups de piston, à moins d'une force beaucoup plus grande que celle qu'on peut naturellement appliquer sur des manivelles dont la longueur est bornée par les limites de l'emplacement, ces manivelles doivent tourner très-lentement et être par conséquent d'une manœuvre excessivement dure; d'ailleurs on ne peut faire ici usage des doubles manivelles des Anglais, le mécanisme de M. Berger s'y refuse, et cela est un grand inconvénient pour vaincre les points désavantageux où l'on serait infailliblement arrêté. Tout considéré, nous pensons qu'il serait avantageux d'introduire dans notre marine l'usage des pompes aspirantes à double piston; l'expérience a constaté leurs avantages et la théorie concourt à cette conclusion. Quant à la manière de les mettre en action, il y en a sans doute plusieurs, sans compter celle des Anglais; mais le premier moyen proposé par M. Berger est sûr et ingénieux. Il nous a paru lui appartenir, du moins ne connaissons-nous pas d'applications semblables du parallélogramme. Nous concluons donc que l'auteur mérite l'approbation de la classe. Cette pompe aspirante, applicable aux usages de la marine, peut aussi être employée à l'exploitation des mines, etc. » (*Annuaire des Arts et Manufactures*, tome VII, pages 85 et 196, pl. 8.)

M. Champion. — 1809. — L'auteur pense que sa pompe est propre à remplacer celle à feu, ou machine à vapeur, dont il se flatte d'avoir soustrait le jeu à l'action de la pesanteur de l'air. Cette idée étant neuve, et pouvant en faire naître d'autres, nous avons cru devoir publier le mémoire de M. Champion, en le laissant parler lui-même.

« Vers le milieu du XVII° siècle, les physiciens italiens, Toricelli particulièrement, délivrèrent leurs contemporains d'un préjugé, en manifestant la véritable cause de l'ascension des fluides dans les tubes où l'on avait fait le vide, et dès lors la théorie des pompes aspirantes fut déterminée; mais elle le fut sans produire aucune facilité de plus pour élever les eaux. Quoiqu'il soit

difficile d'imaginer qu'on puisse trouver une chose qui a résisté aux recherches et aux méditations des savants de tous les pays, je n'ai pas craint de m'en occuper, non par la présomption que le moyen d'élever les eaux sans éprouver la résistance de l'air me fût réservé ; mais d'après cette remarque, que le problème n'avait contre lui aucune démonstration négative, et que tant qu'un problème n'est pas démontré insoluble, on peut raisonnablement s'occuper de sa solution, et se flatter d'y arriver. Quelques méditations sur ce sujet me mirent bientôt à portée d'apercevoir que la solution du problème tenait essentiellement à la faculté de se soustraire à l'action que la pesanteur de l'air exerce sur le piston d'une pompe aspirante lorsqu'elle s'élève. Or, c'est à quoi je suis parvenu par une combinaison de moyens en une série de dispositions particulières des parties qui entrent dans la composition de cette nouvelle pompe qui, ne laissant rien à désirer dans l'usage, obvie en même temps à tous les inconvénients des autres pompes. Je commence par déterminer la résistance qu'on éprouve dans le jeu des pompes aspirantes ordinaires. Dans une pompe aspirante ordinaire, supposons le piston d'un pied carré de surface à sa base, soutenant une colonne d'eau de trente pieds d'élévation ; il aurait besoin pour être soutenu à cette hauteur, ou mû de bas en haut, d'une puissance égale à deux mille cent soixante, qui est le produit de trente pieds, hauteur de la colonne d'eau, par soixante-douze livres, poids d'un pied cube. Ainsi la pression de l'air exercée sur ce piston, lorsqu'on l'élève est de cette quantité. C'est cette résistance qu'il faut vaincre dans les pompes ordinaires, pour faire sortir ou exfluer l'eau à la hauteur de trente pieds, avec une pompe de la dimension supposée; c'est cette résistance qui de tout temps a fait le désespoir de ceux qui ont eu des eaux à élever à de grandes hauteurs, et qui peut être réduite à un trentième, ou même à moins, abstraction faite des frottements, moins considérables dans mes pompes que dans aucune autre. Mais je ne parlerai que de la réduction à un trentième pour ne point anticiper sur les moyens de perfectionnements dont mon invention est susceptible. Avant de procéder à la solution difficile de ce problème intéressant sous tous les rapports, il est bon de remarquer que, dans le mouvement des pompes aspirantes ordinaires, l'action d'aspirer et celle de faire exfluer se font en même temps, et sont le résultat d'une seule et même opération, qui est celle d'élever le piston. Son abaissement n'exige aucune puissance. Le premier pas à faire pour parvenir à se soustraire à l'action de la pesanteur de l'air, pour détourner cette action, pour ainsi dire, est de rendre indépendante l'une de l'autre, l'action d'aspirer et celle de faire exfluer. Nous allons d'abord nous occuper de l'aspiration ; cette action qui, dans les pompes ordinaires nous soumet à toute la difficulté possible, ou en quoi l'on rencontre toute la résistance qui résulte du poids de la colonne d'eau suspendue par la pression de l'atmosphère, peut se faire sans résistance, à l'aide des dispositions particulières dont nous allons rendre compte. Soit un corps de pompe occupé par une colonne d'eau dont la partie supérieure soit élevée de trente pieds ; soutenue à cette hauteur par la pression de l'air extérieur, il est clair que cet air extérieur et la colonne d'eau seront en équilibre. Si l'on suppose une boule déplaçant un pied cube d'eau, et qu'on suppose ce corps par son poids en parfait équilibre avec le volume d'eau qu'il déplace ; en un mot, que déplaçant un pied cube d'eau, estimé peser soixante-douze livres, il ait lui-même exactement ce poids ; je dis qu'on pourra l'abaisser jusqu'au bas du corps de pompe sans être obligé d'y employer aucune force, parce que se trouvant en parfait équilibre avec le volume d'eau qu'il déplace, il n'opposera aucune résistance à son transport d'un lieu à l'autre. Parvenu là, il est évident qu'il y occupe la place d'un pied d'eau, qui par là se trouve élevé dans la partie supérieure du corps de pompe. J'ai donc élevé à trente pieds ou transporté de bas en haut un pied cube d'eau, sans y avoir employé le moindre effort, parce que je n'ai pu y trouver la moindre résistance. Ceci figure donc incontestablement au moyen d'aspiration sans résistance ou sans action de la pesanteur de l'atmosphère. On peut concevoir ceci d'une manière plus simple, en supposant un cylindre à la place d'une boule, et supposant ce cylindre en parfait équilibre avec le volume d'eau qu'il déplace. Pour porter un pied cube d'eau, de bas en haut, ou de haut en bas, il suffit d'abaisser ou d'élever ce cylindre d'un pied ; de deux pieds s'il s'agissait d'élever deux pieds d'eau, et ainsi de suite. Ce moyen d'élever une quantité d'eau indéterminée à la hauteur de trente pieds, pourra paraître loin du moyen d'aspirer en pratique sans éprouver de résistance ; mais il n'en est pas moins celui que j'emploie avec succès et qui est fait pour étonner les personnes les moins disposées à se rendre à l'évidence d'une chose qui contrarie l'opinion qu'elles se sont formée ou quelles nourrissent. Représentons-nous un corps de pompe avec la même colonne d'eau par la pression atmosphérique, mais avec deux séparations garnies chacune de deux soupapes; celle de la séparation supérieure sont couvertes d'eau à la hauteur d'un pied : la boule ou le cylindre sont transformés dans une nouvelle disposition en un piston d'un pied carré de base sur trois de hauteur, et déplaçant conséquemment trois pieds cubes d'eau ou en tenant place.

« Si l'on abaisse le piston il abandonnera successivement un certain espace qui sera immédiatement rempli par l'eau de la partie inférieure à la séparation de cette partie, en passant par les soupapes qu'elle ouvre. Au moyen de cette opération, trois pieds cubes

d'eau de la partie inférieure seront passés dans la partie supérieure, entre les deux séparations sans résistance, parce que l'action de la pesanteur de l'air atmosphérique qui contient la colonne d'eau dans le corps de pompe, n'aura point été augmentée par cette opération, qui n'est qu'un déplacement de l'eau déjà soutenue dans ledit corps de pompe, et non l'introduction d'une nouvelle quantité; on ne fait que mettre en mouvement deux quantités en parfait équilibre entre elles. On peut remarquer que cette opération, étant parfaitement la même que la précédente ou que celle de l'ascension du pied cube d'eau par le déplacement ou l'abaissement de la boule ou du cylindre, n'offre pas plus de difficultés, ou plutôt n'en offre aucune. Le piston est également en équilibre par son poids avec le volume d'eau qu'il déplace et se trouve également soustrait dans son abaissement à l'action de l'air atmosphérique avec lequel il est sans communication. Ce piston passe à frottement ordinaire à travers la séparation inférieure. Si l'on suppose le piston au bout de sa course de trois pieds et descendu jusqu'à la soupape inférieure, et qu'ensuite on le suppose commençant à monter, alors les soupapes inférieures ouvertes dans la première opération se ferment dans la seconde pour empêcher le retour de l'eau, et les soupapes supérieures s'ouvrent, obligées à cet effet par l'eau forcée d'exfluer par l'ascension du piston. On peut remarquer qu'au moyen de la fermeture des soupapes inférieures l'action d'exfluer est entièrement indépendante de celle d'aspirer. En réfléchissant sur la disposition de toutes les parties du corps de pompe dans l'action d'exfluer, on remarquera que les deux soupapes supérieures se trouvant ouvertes soumettent ou livrent le piston à toute l'action de l'air extérieur, d'où il résulte que si je n'avais d'autres moyens à mettre en œuvre, le problème d'élever les eaux sans être soumis à l'action de la pesanteur de l'atmosphère, dont mon titre annonce la solution, resterait à résoudre; car la première partie du problème, celle d'aspirer sans éprouver de résistance, dont je viens de démontrer la facilité, n'est rien sans la seconde, ou sans celle de faire exfluer sans éprouver également l'action de la pesanteur de l'air. J'ajouterai, pour plus grande intelligence de ce qui vient d'être dit, que si l'on cherche à déterminer quelle peut être la résistance produite ou exercée sur le piston du corps de pompe par l'action de la pesanteur de l'atmosphère à l'instant où on le force à s'élever, on reconnaîtra qu'elle doit être égale à la colonne d'eau correspondant à sa base, à partir du niveau de l'eau jusqu'au niveau d'exfluence au-dessus des soupapes supérieures égale à 31 pieds, et ainsi, du poids de 2,232 livres. Telle est la résistance qu'on éprouverait, mais qu'on peut faire disparaître entièrement à l'aide d'une nouvelle disposition du corps de pompe et de sa transformation en celle que je vais décrire. Mais, avant d'aller plus loin, nous allons indiquer en quoi peuvent consister les moyens de se soustraire à l'action de la pesanteur de l'atmosphère dans l'élévation des eaux. Ces moyens si inutilement désirés ou cherchés jusqu'à présent, résultent tout simplement de l'anéantissement de la colonne d'eau inférieure au piston et répondant à sa base supposée d'un pied carré de surface, de la hauteur de vingt-trois pieds, et du poids de seize à dix-sept cents livres. L'anéantissement de cette colonne s'opère par le prolongement du piston jusqu'au niveau de l'eau. Elle peut encore s'opérer de plusieurs autres manières. Nous supposerons le piston, malgré ce prolongement, du poids seulement de trois pieds cubes d'eau ou du poids de deux cent seize livres.

« Ce prolongement cependant ne suffit pas seul pour nous soustraire à l'action de la pesanteur de l'atmosphère à travers les soupapes supérieures ouvertes, il faut encore ôter à ce piston prolongé toute communication avec l'eau qui l'environne ou l'isoler complétement au moyen d'une gaîne de métal ou, autrement, laissant une portion d'air entre elle et lui sans communication quelconque avec l'air extérieur, en prolongeant le piston que j'appellerai *piston-colonne* jusqu'à la fin de sa course ascendante ou de son action d'exfluer; il est actuellement soustrait à l'action de la pesanteur de l'atmosphère malgré l'ouverture des soupapes, et dans cet état il n'éprouve point de pression, puisqu'il n'y a lieu à aucune; la seule pression qu'il éprouve dans cet instant n'étant pas produite par la pesanteur de l'air, je n'ai point dû en tenir compte dans ma démonstration; elle n'est que celle de la quantité d'eau qui le surmonte et qui surmonte en même temps les soupapes supérieures pour leur ôter toute communication directe avec l'air; pression égale à celle d'un pied cube, ou à celle de soixante-douze livres seulement, formant un trentième de la hauteur à laquelle l'eau se trouve élevée avec cette pompe, et formant la résistance à laquelle j'ai dû pouvoir réduire les pompes aspirantes dans le jeu de leurs pistons, et que je crois avoir suffisamment démontrée; on doit se rappeler, pour acquiescer facilement à cette démonstration, le principe constant qu'on ne peut éprouver l'action de la pesanteur de l'air atmosphérique qu'autant qu'on fait le vide; or, ce vide ne peut en aucune manière résulter du mouvement de mon piston dans aucun cas, puisque, au moyen de l'artifice employé par les dispositions que je viens d'expliquer, il se meut constamment dans le plein; on peut, si l'on veut, ne regarder cette démonstration que comme une simple explication, la véritable démonstration résulte de l'artifice que présentent les corps de pompe, dans l'équilibre des colonnes d'air et d'eau qui ne peut être rompu dans le mouvement du piston, soit qu'on l'élève, soit qu'on l'abaisse. Je m'abstiendrai de tout discours tendant à faire remarquer l'importance de mon nou-

veau moyen d'élever les eaux, c'est au public, qui en recueillera les avantages et à qui je l'offre, qu'il appartient de l'apprécier. »

M. Champion, passant en revue les divers usages auxquels on peut appliquer sa nouvelle pompe, la croit propre à remplacer celles foulantes et aspirantes qui dès lors seraient oubliées : qu'en la substituant à celle de Marly, elle produirait une économie annuelle de deux cent mille francs et de plus de cinq cent mille si on la substitue aux autres pompes à feu à la charge du gouvernement; que la marine en retirerait un avantage notable, puisque les pompes ordinaires exigent vingt-cinq ou trente hommes, lorsque deux hommes suffiraient avec les siennes qui produisent le même effet, enfin qu'elle est propre aux dessèchements, à l'arrosement, aux usines; pour les épuisements dans les travaux hydrauliques toujours longs et pénibles, ainsi que les pompes foulantes la pompe aspirante de l'auteur fournit, à ce qu'il dit, les moyens d'élever les eaux à toutes les hauteurs, quoiqu'il n'ait été question ici que de celle de trente pieds. (*Annales des Arts et Manufactures*, t. XXXII, page 225, planche 364.)

M. Nantes. — 1817. — La pompe dont il s'agit ici, et pour laquelle l'auteur a obtenu un brevet de dix ans, sert aux fosses d'aisance et ressemble à celle des incendies, mais elle n'a qu'un seul corps. Lorsqu'on veut en faire usage, on introduit dans la fosse et verticalement un tuyau en cuivre; un autre, correspondant au premier, mais étendu horizontalement sur le pavé jusqu'au corps de pompe qui est placé en dehors près la porte de la maison. Un tuyau pareil au premier part de la pompe en s'élevant à angle droit, pour déboucher les matières dans un grand tonneau monté sur une charrette comme celles qu'on emploie pour conduire les eaux clarifiées. Enfin, un autre tuyau vertical s'élève du tonneau en se prolongeant jusqu'à la hauteur du toit de la maison, pour laisser échapper l'air méphitique qui se dégage du tonneau au fur et à mesure que la matière y entre. L'appareil étant ainsi disposé, deux hommes placés à chaque bras du levier de la pompe, font agir les pistons, et, par le vide qu'elle opère, la matière liquide monte en passant dans un réservoir où elle est comprimée, pour s'élever ensuite dans une grande tonne contenant environ quatre-vingts pieds cubes qu'une demi-heure suffit pour remplir. Sur cette tonne est placé un indicateur qui avertit, en se levant, du moment où il faut cesser le jeu de la pompe pour ne pas répandre les immondices. Cette machine offre plus de célérité dans le travail que par les moyens ordinaires, prévient les exhalaisons méphitiques qui accompagnent ordinairement l'opération, ainsi que les dangers qu'on évite aux malheureux ouvriers employés à ces sortes de travaux. (*Société d'encouragement*, t. XVI, page 15.)

Pompes a deux pistons dans le même corps.—*Perfectionnement de M. Gerin, de Nîmes.* — 1810. — Cette pompe pour laquelle l'auteur a obtenu un brevet de cinq ans, peut être mise en mouvement par un cheval, par le vent ou par tout autre moteur: elle se compose des pièces ci-après, savoir : d'un corps de pompe, d'une plaque qui ferme le corps de pompe dans le réservoir et qui force l'eau à remonter au besoin, d'un réservoir sur la pompe, d'un tuyau de refroidissement au-dessus des robinets, d'une bride pour corps et rallonge, d'un piston d'aspiration, d'un corps renversé qui est placé au bas de la pompe, d'un piston renversé, qui est placé dans un cadre en fer, d'un cadre en fer qui porte le piston, d'un support en enfourchement pour servir d'appui à un contre-levier, d'un contre-levier, d'une soupape d'aspiration et de celle de repos, d'un balancier qui suspend celui d'aspiration, d'un montant et support du balancier, d'un petit montant y étant adopté pour le support de la manivelle, d'une manivelle qui sert à faire mouvoir l'axe coudé, de tirettes qui servent à faire mouvoir les leviers, d'un support pour porter les ferrures du volant et des roues dentées, d'un lien pour consolider la charpente, d'une roue dentée qui tient à l'arbre du volant, d'une roue excentrique à tire-point adoucie sur une face pour le jeu et le mouvement de la pompe, d'un volant. Le levier auquel est attaché le cadre de fer et où passe la roulette fait mouvoir les deux pistons; le montant et l'appui font partie de la charpente pour porter le levier; le lien du montant fait corps avec la traverse; l'arbre en fer du volant, auquel est tenu le mouvement, fait agir la pompe. On peut à l'extrémité de cet arbre adapter une seconde manivelle en cas de besoin; la tringle qui tient au levier fait corps avec le balancier; une pierre de taille porte l'encadrement de la charpente; enfin, dans le cadre en fer ovale, roule la roue excentrique. (*Brevets non publiés*).

Pompe a deux corps accolés. — *Perfectionnement de M. Boitias.* — 1811. — Cette pompe est composée de deux corps accolés, de vingt-deux centimètres en carré intérieurement, formée par l'assemblage à languettes et rainures, de sept madriers de cinquante-quatre millimètres d'épaisseur ; les quatre madriers intermédiaires sont plus courts que les trois autres, afin de laisser à l'eau une issue dans la pompe. Deux soupapes sont placées au bas des corps de pompe ; ce sont des espèces de tétraèdres tronqués en bois, chargés d'un peu de plomb; elles sont garnies d'une tige plate en fer pour empêcher leur dérangement ; ces tiges passent dans des trous percés aux brides en fer fixées aux liteaux cloués aux parois des corps de pompe pour clore l'ouverture que ferment les soupapes. Les pistons sont des cubes en bois, percés d'un trou carré, fermé par une soupape semblable à celle ci-dessus; ils sont, ainsi qu'il est d'usage, enveloppés d'une bande de cuir et joints à une verge en fer. Deux jumelles sont fixées avec entailles sur les bords des madriers extrêmes des corps de pompe, et sont engagées cha-

cune dans une clavette, elles sont destinées à recevoir des boulons fixes sur lesquels se meuvent des leviers de renvoi qui portent à leur extrémité les verges des pistons. Ces mêmes leviers sont liés par des tirants en fer au balancier, tournant par son centre dans une mortaise faite au madrier du milieu, et armé à ses extrémités de deux bâtons pour être saisis par les mains des hommes destinés à manœuvrer la pompe. Le mouvement d'oscillation dans le sens vertical, de quatre-vingts centimètres d'étendue, a paru à l'auteur préférable au mouvement circulaire usité par les chapelets, à cause du resserrement de la poitrine produit par la tension des bras. Ce balancier décrit dans son mouvement un arc de quatre-vingts centimètres; ainsi, pour donner aux pistons une percussion de vingt-six centimètres, égale au tiers de celle de quatre-vingts centimètres et pour déterminer la position sur les leviers des boulons des tirants, il suffit de tracer plusieurs parallèles, de chercher ensuite sur laquelle de ces lignes la quantité, entre les droites, est égale entre les lignes; les points trouvés de cette manière seront ceux demandés. La hauteur de la colonne d'eau à élever dans chaque corps de pompe étant de un mètre cinquante centimètres, et leur diamètre de vingt-deux centimètres en carré, il en résultait un volume d'eau de soixante-douze décimètres cubes soixante, pesant soixante-douze kilogrammes soixante pour l'effort que chaque piston avait à surmonter; or, la vitesse de l'extrémité du balancier étant à la percussion des pistons, comme 1 est à 3, la puissance agissante à l'extrémité n'est donc que le tiers de la charge du piston, ou de vingt-quatre kilogrammes vingt, abstraction faite de la résistance causée par les frottements. Les quatre hommes qui agissaient à l'extrémité du balancier n'avaient à vaincre, en baissant, qu'un effort de six kilogrammes chacun; ainsi un plus petit nombre d'hommes aurait également pu la mouvoir avec la même vitesse, puisqu'on estime dix kilogrammes la force avec laquelle un homme peut agir avec une vitesse de quatre vingt-dix centimètres par seconde. La percussion des pistons étant de vingt-six centimètres, ou plutôt de vingt-quatre centimètres, à cause de l'abaissement de l'eau dans la pompe pendant que la soupape se ferme, en multipliant cette hauteur de percussion par la surface quatre décimètres quatre-vingt-quatre du diamètre de l'un des corps de pompe, on aura 0^{m}0116 cubes pour le volume d'eau élevé à chaque coup de piston. L'expérience a prouvé que cette pompe étant mue par huit hommes, et la vibration du levier n'étant que de quatre-vingts centimètres, ils peuvent donner soixante-quinze coups de piston par minute et par conséquent épuiser cinquante-deux mètres cubes d'eau par heure. Le volume d'eau contenu dans le bassin formé par les batardeaux était de cinquante mètres cubes; en une heure et demie de temps, la pompe le vidait entièrement, malgré les filtrations abondantes qui avaient lieu sous le batardeau, lequel était établi sur un rocher couvert d'une couche de deux à quatre décimètres d'épaisseur d'une grosse grève. (*Société d'encouragement*, 1811, t. X, page 138, planches 791, figures 1, 2, 3.)

POMPE A DOUBLE PISTON. — *Mécanique.* — *Perfectionnement.* — *M. Boitias.* — 1811. — Cette pompe, beaucoup plus légère que celle à deux corps accolés, du même mécanicien, n'a qu'un seul corps qui ne porte point de soupape; elle a deux pistons, mus par des leviers de la même manière que la pompe à deux corps accolés. On conçoit que ces deux pistons dans le même corps étant toujours en mouvement, l'un montant, l'autre descendant, l'aspiration est continuelle, et en conséquence la soupape au corps de la pompe est inutile, ce qui est une grande sujétion de moins. On peut avoir des pistons de rechange en cas que ceux en activité viennent à se déranger: ôter et remettre les leviers, et remplacer les pistons, est l'ouvrage d'un quart-d'heure. Les épreuves réitérées que l'on a faites sur cette pompe prouvent sa supériorité sur celle à deux corps accolés. Le bras du balancier est égal à quatre fois la percussion des pistons, et les leviers de renvoi sont égaux chacun à trois fois la même percussion. Le piston supérieur a deux verges en fer, larges et minces, qui s'élèvent près des parois de la pompe, et qui vont se fixer à deux boulons que porte le bout du levier. Ces boulons correspondent au milieu du corps de la pompe. Le piston inférieur est maintenu par une verge en fer, plate ou carrée, placée suivant son axe; cette verge passe dans le milieu de la soupape du piston supérieur, où elle glisse librement; le jeu de la soupape est limité par un petit crochet fixé au piston; la verge du piston inférieur, après avoir traversé la soupape du piston supérieur, se visse à une chape mobile autour du bouton que porte le bout du levier, correspondant aussi au milieu de la pompe. (*Société d'encouragement*, 1811, tome X, page 140, planche 79, figures 4 et 5.)

POMPE D'OBERDAM. — *Observations nouvelles.* — *M. Marcel de Serres*, 1813. — Lorsqu'on fait usage des pompes pour élever l'eau, et que le moteur qu'on emploie produit un mouvement circulaire continu, on est obligé de le transformer en mouvement rectiligne alternatif, pour élever et abaisser successivement les pistons des pompes. M. Marcel de Serres rend compte d'un de ces mécanismes, remarquable par sa simplicité et par son exactitude. Ce mécanisme est composé principalement de deux pistons parallèles dont les tiges portent des crémaillères. Ces crémaillères engrènent dans des roues ou lanternes dont un seul quart de la circonférence porte des alluchons au nombre de quatre: ces roues sont tellement disposées par rapport aux crémaillères, que quand l'une des deux cesse de presser sur la crémaillère qui lui appartient, l'autre commence à presser sur la sienne; de cette

manière il se trouve toujours que l'un des deux pistons est pressé par sa roue, et comme il tient à l'autre par une chaîne qui les unit, ce dernier, qui devient indépendant de la roue à laquelle il est joint, s'élève de la même quantité dont le premier s'abaisse. Le mouvement est imprimé à la machine par une roue à eau ; sur l'arbre de la quille est fixée une roue dentée qui engrène dans une lanterne dont l'axe porte les roues qui opèrent l'élévation ou l'abaissement des pistons ; ces roues, au nombre de quatre, forment deux à deux le système de va et vient, et poussent alternativement les quatre pistons qui forcent l'eau à s'élever dans un réservoir qui distribue l'eau par des tuyaux. Cette machine présente, dit M. de Serres, une application heureuse du mécanisme, au moyen duquel on change le mouvement circulaire en mouvement rectiligne, alternatif, et son effet est plus considérable que sembleraient le promettre la grandeur et la quantité des pompes qui entrent dans sa composition, puisqu'une machine établie sur les mêmes principes sur l'Alster, à Hambourg, élève 18,8 mètres cubes d'eau à 27,611 mètres de hauteur en vingt minutes, ce qui fait 142 mètres cubes en vingt-quatre heures. (*Annales des Arts et Manufactures*, tom. XLVII, p. 225.)

Pompes rotatives. — Les *pompes rotatives* ne sont employées que dans l'économie domestique, et encore leur complication et le peu d'effet utile qu'elles rendent ont empêché leur usage de se répandre, de sorte que, en définive, elles sont très-peu employées. Comme elles se ressemblent à peu de chose près, nous nous contenterons de décrire ici celle qui est le plus employée, et qui est connue sous le nom de *pompe rotative* de Dietz. Le corps de pompe y est remplacé par un tambour ou boîte cylindrique, en cuivre ou en fonte, qui contient entre les deux fonds une seconde boîte, d'un moindre diamètre et sans couvercle, mobile autour d'un arbre tournant muni d'une manivelle; à l'intérieur de la seconde boîte se trouve un excentrique, fixé d'une manière invariable, au moyen de vis, sur les fonds du tambour extérieur. Ce dernier renferme encore, du côté des tuyaux, une large lame de fer, qui est pressée contre la convexité de la boîte intérieure, et qui est percée de deux ouvertures; par l'une, l'eau passe du tuyau d'aspiration, dans l'intervalle qui existe entre les deux boîtes; et par l'autre, elle entre dans le tuyau d'ascension. Enfin, la boîte intérieure présente, dans toute son épaisseur, quatre entailles en croix, dans lesquelles sont et glissent quatre languettes en fer, dont la largeur est égale à la distance qui sépare les deux fonds du tambour; une de leurs extrémités est constamment appuyée contre le bord intérieur de l'excentrique, et l'autre l'est contre le paroi concave de l'intervalle entres les deux bouts, et de sorte que, pareilles à des cloisons, elles divisent cet intervalle en cases séparées. Lorsqu'on met en mouvement la boîte intérieure, la première languette, après avoir passé son point d'arrêt, laisse derrière elle un vide; et, dès qu'elle est au delà de l'ouverture pratiquée dans le compartiment, l'eau entre pour le remplir, la languette, qui vient ensuite, pousse devant elle cette eau, lui fait parcourir l'intervalle compris entre ces deux boîtes, la force à passer par l'orifice, et à monter dans le tuyau d'ascension; le jet est continu. Ces pompes doivent être construites avec une grande perfection.

Pompes des prêtres. — Parmi les autres pompes nous mentionnerons celle dite des prêtres, et qui est employée dans les lampes mécaniques. Le corps de pompe est formé de deux cylindres assemblés à rainures et à languette. On pince dans la jointure les bords d'un manchon ou plutôt d'un sac de cuir mince et très-flexible, dont le fond est saisi entre deux plaques parallèles qui sont liées par un étrier à la tige oscillante, et qui portent les soupapes en retenue. Lorsque le piston se meut, le manchon de cuir qui se relie aux parois du corps de pompe présente tantôt sa concavité, tantôt sa convexité, au tuyau d'aspiration, suivant le sens du mouvement, et produit soit l'aspiration du liquide sous le piston, soit son passage au-dessus des soupapes de retenue.

Pompes alimentaires. — Les pompes alimentaires employées sur les locomotives, sont des pompes à corps de pompe horizontal et à piston plein, passant ordinairement dans une boîte à étoupes et rentrant dans la classe des pistons plongeurs. Les tuyaux d'aspiration et de sortie de l'eau sont placés verticalement, à angle droit, sur l'extrémité du corps de pompe, et portent deux soupapes à boulets s'ouvrant de bas en haut. Ces soupapes, que nous avons déjà vu employer avec succès dans le bélier hydraulique, se composent de boulets creux en bronze reposant sur un siége parfaitement rodé; des tiges verticales, placées à l'entour de chaque soupape, forment un cylindre à claire-voie terminé par une calotte hémisphérique également à jour, qui sert à guider les boulets dans leur mouvement et à limiter leur levée.

Les pompes alimentaires des machines à vapeur fixes sont ordinairement à piston plein, se mouvant dans un corps de pompe alésé : les soupapes sont des clapets, ou des troncs de cône en métal, reposant sur un siége rodé et portant une tige centrale qui passe dans une bague qui sert à les diriger et à limiter leur levée : ces dernières soupapes sont dites soupapes à coquille.

Les soupapes à boulets et les soupapes à coquille, ainsi, du reste, que toutes les soupapes exclusivement métalliques, doivent être ajustées avec beaucoup de soin, et ne peuvent servir que dans des eaux claires et limpides.

Pompes d'épuisement.—C'est l'épuisement des eaux des mines qui exige les pompes les plus puissantes : nous rangerons dans

1, même classe, les pompes destinées à élever l'eau pour les besoins des villes.

Pour des épuisements temporaires, à de petites profondeurs, on se sert assez fréquemment de pompes aspirantes en bois d'une construction extrêmement simple, qui sont confectionnées sur la mine même et entretenues par les ouvriers boisiers. Ces pompes se composent d'un tronc d'arbre foré, dont le diamètre intérieur est plus grand à la partie supérieure qui lui sert de pompe, qu'à la partie inférieure qui sert de tuyau aspirateur, et qui est surmontée d'une soupape à clapet en cuir s'ouvrant de bas en haut; le piston est en bois, garni de chanvre à l'extérieur, creux à l'intérieur, et muni de soupapes à clapets s'ouvrant de bas en haut. On trouve encore dans beaucoup d'anciennes mines de pareilles pompes, disposées en cascade les unes au-dessus des autres; chacune d'elles déversant l'eau qu'elle élève dans une bâche ou réservoir, où elle est reprise par la pompe placée immédiatement au-dessus. (*Extrait du Dict. des Arts et Manufactures.*)

Description d'une pompe, sans piston ni soupape, qui a été appliquée d'une manière utile dans plusieurs localités, par M. A. de Caligny. — Commissaires : MM. Poncelet, Regnault, Morin. — « Tout le monde sait que si l'on enfonce vivement, dans un réservoir plein d'eau, un entonnoir ordinaire ouvert à ses deux extrémités, dont la plus large est tournée vers le bas; il en résulte un jaillissement par le sommet. Mais on n'avait pas remarqué que, si l'entonnoir était au contraire déjà enfoncé dans l'eau, toujours par sa grande base, on le tire vivement de bas en haut, il en résulte une dénivellation intérieure, suivie d'une ascension plus puissante que pour le dernier mode de jaillissement, du moins pour certaines conditions de la construction de l'entonnoir renversé dont il s'agit. J'ai communiqué verbalement, en 1840, à la *Société philomathique*, ce principe que je viens d'appliquer plus en grand, pour des dimensions où le second mode, qui est nouveau, est seul d'une application facile par les moyens suivants : Un tuyau cylindrique de 2 mètres de long et de 8^{m}75 de diamètre est soudé au sommet d'un tuyau conique, à peu près de même longueur, et dont le plus grand diamètre, qui est à l'extrémité inférieure, est de 25 centimètres. Ces deux tuyaux, ainsi réunis sur le même axe, n'en forment qu'un, bien uni à l'intérieur et à l'extérieur, étant fait en zinc n° 13. Une anse, à laquelle est attachée une corde, est soudée au sommet du tuyau cylindrique à l'intérieur, de sorte que ce tuyau glisse librement dans un tuyau fixé au milieu d'un baquet dans lequel est reçue l'eau élevée. Le tuyau fixe, dont il s'agit, sert de guide au tuyau mobile, et empêche l'eau élevée dans le baquet de retomber le long de ce tuyau mobile. Ce dernier est suspendu par la corde, attachée à son anse, à l'une des extrémités d'un balancier, à l'autre extrémité duquel un homme agit comme sur une pompe ordinaire. Quand on soulève le tuyau, il tend à se produire un vide conique annulaire, d'où résulte une dénivellation à l'intérieur. Cette dénivellation est suivie d'une ascension au-dessus du niveau du réservoir dans lequel le tuyau est en partie plongé. Lorsque le tuyau conique est rempli d'eau, si la force motrice continue à le soulever, on conçoit qu'il peut agir sur cette eau en mouvement à la manière d'un piston de pompe aspirante. Cette époque est peut-être la plus intéressante du jeu de l'appareil. A la fin de l'ascension du tuyau, le moteur se repose pendant que l'eau élevée sort par le sommet. On est averti par le bruit de l'eau tombant dans le baquet de l'instant où l'on doit laisser retomber le tuyau, abandonné alors à son propre poids; la colonne liquide oscille, et ainsi de suite indéfiniment.

« Le mouvement de balancement est le mouvement naturel de l'homme qui se repose instinctivement à chaque période, car on sait qu'il est très-utile pour le bon emploi de la force de l'homme de ménager ainsi de fréquents intervalles de repos. Il y a trente périodes à la minute. Ce nombre n'a rien d'ailleurs de rigoureux, il n'est pas le même pour toutes les dimensions du système.

« Quand on veut élever l'eau plus haut que cet appareil ne le comporte, la colonne liquide sort très-divisée, ce qui est une cause évidente de perte de travail, l'eau jaillissant, en partie du moins, plus haut que cela n'est nécessaire. Pour atténuer cet inconvénient, j'ai diminué l'angle de convergence du tuyau conique, en allongeant cette partie du tuyau d'environ moitié en sus. Mais cela n'a pas beaucoup diminué la division de l'eau, tout en exigeant une profondeur d'eau plus grande au-dessous du niveau de l'eau qu'il s'agit d'épuiser. Cette dernière disposition a été adoptée pour un puits d'un des établissements municipaux de la ville de Versailles, l'autre a été conservée pour élever les purins de fumier à Canisy, près Saint-Lô, chez M. de Kergorlay, où la profondeur du liquide est beaucoup moindre.

« Quand on n'enlève l'eau qu'à 1^{m}50, ou même 2 mètres, la colonne liquide est assez peu divisée. Au-dessous de 1^{m}50 le bouillonnement est à peine sensible. On conçoit, au reste, que cela dépend du rapport de la longueur du tuyau au diamètre de la partie cylindrique. J'ai fait construire d'autres modèles plus gros; mais les expériences furent interrompues par la rigueur de la saison. Ceux dont je viens de parler ne sont pas tout à fait assez gros pour employer la force d'un homme de peine qui fait jaillir l'eau avec une telle force, qu'on est obligé de s'en garantir. Un enfant les manœuvre assez convenablement.

« Un de ces appareils a été employé à remplir une auge de maraîcher, d'où un homme tirait continuellement de l'eau avec une escope à environ 2^{m}50 au-dessus

du niveau d'un puits; mais il ne pouvait pas servir à vider le puits jusqu'au fond. Il faut qu'il y ait toujours une profondeur d'eau suffisante pour le jeu de la partie conique, et le libre écoulement alternatif de l'eau à l'extrémité inférieure. Il y a pour chaque profondeur une limite de diamètre qu'il n'est pas utile de dépasser, puisqu'il faut avoir égard à cette dernière circonstance, malgré la diminution des frottements. Cet appareil bien conduit paraît élever plus d'eau qu'une pompe ordinaire, c'est ce qu'un plus long usage fera mieux connaître; mais le point essentiel consiste en ce qu'il est beaucoup moins cher, beaucoup plus facile à poser et à transporter, et surtout en ce qu'on n'a point à craindre les engorgements des pistons et des soupapes, puisqu'il n'y en a point.

« On peut le confectionner partout, en peu de temps, avec quatre planches et un lest convenable. Il y aura même lieu d'examiner si cette circonstance n'en ferait point un moyen de sauvetage pour des navires dont les autres pompes seraient endommagées ou insuffisantes. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences.* — 1851.)

PONTS AMÉRICAINS. — (Angl., *lattice-bridge.*)—Les ponts jetés sur les grands fleuves, les lacs et les bras de mer d'Amérique, atteignent des dimensions dont nous ne trouvons en France aucun exemple. Leur longueur est très-souvent de 5 à 600 mètres, et il est facile d'en citer d'un développement plus considérable encore. Le pont sur la rivière de Susquehanna à Colombia, et celui du Potomac à Washington entre autres, ont chacun 2,011^{m}42 de longueur, c'est-à-dire plus d'une demi-lieue. Ces grands ponts sont formés ordinairement de travées en bois, de 40 à 60 m. d'ouverture, supportées sur des piles et culées en maçonnerie. Ils présentent presque tous, à un haut degré, le caractère de hardiesse et d'économie que les constructeurs américains savent imprimer à leurs travaux. Nous ne nous occuperons pas ici de tous les systèmes de charpente employés en Amérique pour l'établissement des ponts à grande portée; la description de ces ouvrages remarquables doit être réunie à celle des ponts en charpente en général. Nous n'étudierons pas la disposition ingénieuse des ponts à treillage de M. Ithies Town, les seuls qui soient, du reste, connus en France sous le nom spécial de *ponts américains*. Cette combinaison toute nouvelle des bois de charpente présente, dans beaucoup de cas, des avantages incontestables. Elle commence à être souvent employée en France, et nous sommes persuadés que son usage deviendra excessivement fréquent quand elle sera mieux et plus généralement connue.

Nous allons examiner successivement la construction des différentes parties de ce genre de ponts, et nous donnerons, en terminant, quelques indications sur leur prix.

Fermes. — Le tablier est ordinairement supporté par deux fermes formées simplement d'un treillis en planches plus ou moins épaisses et moisé, à sa partie inférieure et supérieure, par des pièces longitudinales. Les croisillons sont fixés les uns sur les autres au moyen de clous ou de chevilles en bois. Les moises sont réunies entre elles et au treillis par de forts boulons en fer. La passerelle de service, établie sur le Rhône par M. Garella, pour le passage des ouvriers employés à la construction d'un barrage, se composait de trois travées de 27^{m}95 d'ouverture chacune supportée par quatre palées en charpente. Les fermes espacées l'une de l'autre de 1^m seulement étaient entièrement en sapin et avaient 1^{m}70 de hauteur. Les croisillons avaient 0^{m}15 de longueur sur 0^{m}03 d'épaisseur. Il y avait à chaque croisement deux clous placés alternativement sur une même ligne horizontale ou verticale. Les moises formées de pièces de 20^m environ de longueur, réunies à leurs extrémités par des traits de Jupiter, avaient 0^m,25 de longueur sur 0^{m}05 d'épaisseur. Les boulons qui les réunissaient avaient 0^{m}015 de diamètre. Cette passerelle aurait pu sans danger supporter un poids de près de 400 kilog. par mètre carré superficiel du tablier.

Dans les ponts plus importants, on augmente à la fois la hauteur des fermes, le nombre des moises et l'équarrissage des différents bois. Ainsi, par exemple, les fermes de l'un des ponts construits par M. Robinson, pour le chemin de fer de Philadelphie à Reading, ont 2^{m}85 de hauteur. Les croisillons qui forment le treillage ont 0^{m}30 de longueur sur 0^{m}075 d'épaisseur; ils sont assemblés à angle droit et réunis à leur point d'intersection par des chevilles en chêne de 0^{m}0375 de diamètre. Le treillage est relié à sa partie supérieure par deux moises formées par la superposition de madriers de même dimension que les croisillons, c'est-à-dire de 0^{m}30 de largeur sur 0^{m}075 d'épaisseur, et à sa partie inférieure par un double cours de moises semblables. La partie de chaque travée est de 23^{m}40. Les fermes sont engagées de 1^{m}50 environ dans les culées en maçonnerie. La voie de fer est établie au-dessus des fermes, comme nous l'indiquerons plus loin, et garnie de deux garde-corps. M. Robinson, chargé de construire un autre pont de même nature destiné à supporter des poids plus considérables encore que le précédent, et dont une travée a 41^{m}65 d'ouverture, a placé sous chaque tête deux fermes juxtaposées de 5^{m}47 de hauteur. Les croisillons ont 0^{m}254 de longueur et 0^{m}076 d'épaisseur; ils sont réunis, à chaque point de croisement, par des chevilles en chêne de 0^{m}03 de diamètre. Les diagonales verticales des losanges du treillage, mesurées d'axe en axe des croisillons, ont 1^{m}29, et les diagonales verticales, mesurées de la même manière, 1^{m}18 seulement. Les deux treillages qui forment chaque ferme sont disposés de manière à ce que les vides de l'un soient placés vis-à-vis les pleins de l'autre. Il y a deux cours de moises à la partie inférieure et deux à la

partie supérieure. Enfin, des moises verticales de 0m305 de longueur sur 0m152 d'épaisseur sont placées à chaque intervalle de quatre losanges pour compléter la rapidité du système. Les piles qui supportent cette immense construction n'ont que 1m37 au sommet. La charpente est entièrement en pin de Weymouth (*pinus strobus*), excepté les chevilles et les chapeaux des piles et culées qui sont en chêne blanc. Les fermes sont toujours recouvertes de planches jointives. Ces planches, en préservant les bois de l'action de la pluie et du soleil, assurent pendant longtemps leur parfaite conservation.

Les ponts de M. Lelong présentent trop d'analogie avec ceux qui nous occupent pour que nous n'en disions pas un mot. Les fermes sont formées, dans ce dernier système de ponts, par deux cours de très-fortes moises horizontales réunies par des pièces verticales espacées de 1 à 4m, et par des croix de Saint-André disposées dans les espèces de cadres rectangulaires formés par l'ensemble des moises horizontales et verticales. La construction de ces ponts exige assez peu de bois, et les travées n'exercent sur les culées aucune poussée. Cependant ils ne présentent pas autant de garanties que les ponts de M. Town, qui sont généralement préférés par les constructeurs.

Tablier. La disposition du tablier dans les ponts à treillage est excessivement simple; il est toujours établi sur les pièces de pont, ou poutrelles transversales simplement posées sur les moises horizontales des fermes, ou assemblées avec elles au moyen d'une légère entaille. Pour les passerelles destinées seulement aux piétons, il suffit de jeter sur des poutrelles transversales, espacées de 1m à 1m50, d'axe en axe, des madriers jointifs de 0m10 d'épaisseur environ. Quand on veut avoir des trottoirs de chaque côté du pont et un passage au milieu pour les voitures, on établit sur les pièces de pont deux cours de longuerines espacées de 1m à 1m50, sur lesquelles on cloue les planches qui forment le trottoir. On établit ensuite sur les pièces de pont, entre les trottoirs, une série de madriers presque jointifs, et sur ces derniers, un platelage en bois de médiocre qualité sur lequel le roulage a lieu.

L'établissement des planchers au-dessus des fermes, soit pour les voitures, soit pour les chemins de fer, ne présente pas de difficultés. On est obligé dans ce cas d'établir un garde-corps de chaque côté du pont.

On place souvent le plancher des ponts à treillage à 0m90 ou 1m00 au-dessous de la partie supérieure des fermes, qui font alors elles-mêmes fonction de garde-corps. Les poutrelles sont alors supportées par un cours de moises intermédiaires fixées à cet effet dans le treillage. Cette disposition est fort bonne; elle s'applique surtout très-bien aux ponts de 20 à 30 mètres d'ouverture, c'est-à-dire au plus grand nombre. Quand on adopte cette disposition, on recouvre les deux moises supérieures d'un chapeau en bois fixé avec des clous à têtes perdues, ou mieux avec des étriers en fer, noyés dans l'épaisseur du bois, et fortement boulonnés avec les moises et le treillage, de sorte que le chapeau concourt pour sa part à augmenter la force du système des moises.

Les ponts de service établis parallèlement à la tête d'un pont de pierre en construction, ne doivent pas avoir de garde-corps du côté où l'on décharge des matériaux. A cet effet, on donne à la ferme placée de ce côté une hauteur moins considérable que celle placée de l'autre côté, de sorte que les poutrelles transversales s'appuient sur les moises supérieures de l'une des ferrures et sur les moises intermédiaires de l'autre.

L'emploi d'un cours de moises intermédiaires est assez coûteux et n'ajoute presque rien à la résistance de la ferme, puisqu'il est ordinairement très-rapproché de la fibre neutre. On pourrait facilement le supprimer et faire porter les poutrelles transversales sur les croisillons eux-mêmes, au moyen d'un petit coussinet triangulaire en fonte.

Dans les ponts d'une certaine importance, les poutrelles transversales sont reliées entre elles par des croix de Saint-André placées sous le plancher, et destinées à augmenter la résistance de la charpente dans le sens transversal.

Il importe quelquefois beaucoup de réduire autant que possible la distance entre le dessous d'un pont et le dessus du tablier. Dans ce cas, on ne pose pas les poutrelles sur le cours de moises inférieures, mais on les suspend au-dessous au moyen d'étriers en fer, et on diminue d'ailleurs, si cela est nécessaire, par les artifices ordinaires, l'épaisseur totale du tablier.

Les tabliers des ponts de bois ou de métal présentent souvent, en Angleterre, une disposition que l'on commence à employer en France, et que nous croyons utile de faire connaître. Au lieu de faire rouler les voitures sur le bois du platelage, on recouvre celui-ci d'une couche de goudron, de bitume ou d'asphalte, et on établit ensuite dessus une chaussée en pierres cassées. Les bois se trouvent ainsi préservés de l'humidité et du frottement qui les use si rapidement.

Contreventement. — Les fermes en charpente dont nous venons d'indiquer la construction ont une résistance énorme dans le sens vertical; mais on doit assurer que, ne présentant presque pas de rigidité dans le sens horizontal, leur tendance à se déverser est très-forte, et que leur contreventement exige, par conséquent, un soin tout particulier.

Quand le tablier est supporté par le cours de moises inférieures, et que les fermes sont peu larges, on peut se contenter de contrebuter le cours de moises supérieures par des contre-fiches inclinées à 45°, et assemblées avec quelques-unes des pièces de pont convenablement prolongées.

La méthode précédente serait insuffisante pour les ponts à tablier inférieur et à fermes d'une certaine hauteur. On établit alors sur

tout l'ouvrage une toiture qui conserve les bois en les préservant des intempéries, et qui établit en même temps une solidarité suffisante entre les deux grandes fermes. Le contreventement des ponts dans lesquels le tablier est établi au-dessus des fermes ou à la hauteur d'un cours de moises intermédiaires, est à la fois plus facile et plus complet que celui des ponts à tablier inférieur, parce que, n'étant plus obligé de laisser libre l'intervalle des fermes, on peut y disposer à son gré différentes pièces de charpente. On établit alors sur le cours de moises inférieures une série de poutrelles ou de moises transversales, reliées aux pièces du pont placées au-dessus, par des croix de Saint-André verticales. Enfin, pour augmenter encore la résistance dans le sens horizontal, on établit aussi entre les poutrelles inférieures une série de croix de Saint-André, de sorte que le pont, formé en dernière analyse de quatre systèmes d'assemblages doués chacun d'une grande rigidité dans le sens de sa dimension transversale, oppose à toutes les forces qui peuvent le solliciter une résistance suffisante.

Les ponts en charpente construits sur les chemins de halage présentent presque tous, comme on sait, après un temps plus ou moins long de service, une forte convexité du côté de la rive principale. Cette flexion est produite par l'action continue des cordes au moyen desquelles les chevaux tirent les bateaux. On a adopté, pour s'opposer à cette traction, sur des ponts à treillage de 20 mètres d'ouverture, projetés pour un service de navigation, un système de contreventement un peu différent de ceux que nous venons de décrire. Le tablier de nos ponts est établi à peu près aux deux tiers de la hauteur des treillis, et nous plaçons au-dessous de ce tablier, et dans un plan horizontal, une véritable ferme de toiture dont les arbalétriers sont fortement contre-butés aux extrémités de notre pont, de sorte que toute la force des assemblages s'oppose à la courbure que la traction des bateaux tenterait à donner au pont.

Levage. — Les bois des croisillons sont assemblés à plat sur les chantiers, ainsi que les différentes parties des fermes. On démonte la charpente en laissant le treillage assemblé par panneaux de quelques mètres de longueur, puis on remonte les fermes sur place au moyen de quelques points d'appui pris soit sur des bateaux amenés contre les piles, soit sur de légers échafaudages. Les fermes mises en place, le montage du pont ne présente plus de difficultés; on place les pièces du pont, le plancher et le système de contreventage.

La simplicité des ponts à treillage permet de les exécuter très-vite. Pourvu que l'on ait assez de scieurs de long, et quelques charpentiers, qui n'ont que des trous à percer, puisqu'il n'y a aucune entaille ni sur les croisillons, ni sur les moises, le travail avance sans difficulté. On peut sans peine construire et élever en vingt ou trente jours un pont d'une centaine de mètres de longueur.

Les ponts provisoires, construits dans le système de M. Town, sont ordinairement établis sur des palées en charpente de formes plus ou moins compliquées, suivant l'importance du pont et la nature du sol. On doit dans tous les cas prolonger assez les pieux pour pouvoir les boulonner fortement avec les différents cours de moises des fermes principales. Cette disposition offre l'avantage d'encastrer, pour ainsi dire, le pont, et de lui procurer par conséquent une résistance plus grande que s'il était simplement posé sur la palée, et, de plus, d'augmenter la résistance des fermes au déversement, en leur donnant des points d'attache invariables.

Les culées en maçonnerie des ponts américains n'ont à résister à aucune poussée horizontale, ce qui permet de leur donner une grande légèreté; mais elles doivent présenter chacune une espèce de chambre d'un ou deux mètres de profondeur, dans lesquelles sont encastrées, autant que possible, les extrémités des fermes. Quelques ingénieurs fixent même le pont sur la culée, au moyen de longs tirants verticaux en fer engagés dans les maçonneries inférieures. Quant aux piles, il suffit de calculer leur section, de manière à ce qu'elles puissent résister à la pression verticale du poids qu'elles doivent supporter, puisqu'elles n'ont aucune poussée horizontale à éprouver. Nous devons ici mettre en garde contre l'idée de quelques charpentiers, qui, en montant les fermes d'un pont américain, leur ont donné une légère courbure dans le plan vertical. Cette disposition augmente la longueur des moises supérieures, qui tendent à se raccourcir, et les oblige à se voiler et à prendre une forme plus ou moins ondulée, aussi nuisible au bon effet qu'à la solidité de l'ouvrage.

Prix d'établissement. — Les ponts que nous venons d'étudier sont, comme on a pu le remarquer d'une exécution très-facile et très-prompte; ils n'exigent que des bois de petites dimensions, et présentent une grande solidité. Les bois employés à la construction des ponts provisoires de ce système ne perdent presque rien de leur valeur, puisqu'ils ne sont nullement entaillés, mais seulement percés de quelques trous. Comme ponts fixes, ils ne sont pas moins bons; ils peuvent être établis sur des maçonneries très-légères, et par suite peu coûteuses; les réparations peuvent se faire sans interrompre la circulation; avantage que l'on ne saurait trop apprécier, surtout pour les chemins de fer, et le pont tout entier peut être renouvelé, pièce à pièce, sans nuire aucunement à la sécurité. Ajoutons enfin aux avantages que nous venons d'énumérer que les ponts de M. Town sont les plus économiques que l'on connaisse, et on pensera, comme nous le disions en commençant, qu'ils sont destinés à devenir d'un emploi de plus en plus fréquent, et à remplacer la plupart des autres ponts en charpente.

M. Town estime que le bois coûtant 22 fr.

60 c. à 27 fr. 12 c. le mètre cube, valeur moyenne en Amérique, le prix du mètre courant de pont serait de 175 à 227 fr. pour les ouvertures de 20 à 30 mètres et de 262 à 437 fr. pour les ouvertures de 35 à 60 mètres.

Dans la vallée du Rhône, en France, où les bois de sapin valent environ 50 fr. le mètre cube, les ponts à treillage reviendraient environ, d'après M. Garella, de 32 à 35 fr., non compris les supports, et à 60 fr., y compris les palées, par mètre carré de tablier. Pour faire apprécier la modicité de ce prix, nous dirons seulement que les ponts suspendus de Beaucaire, Serrières et Valence, construits sur le Rhône par M. Chaley, dont le talent est connu, ont coûté 122,118 fr. 40, et 107 fr. 99 c. par mètre de tablier, non compris les maçonneries, dant les prix sont presque doubles de ceux que nous venons d'indiquer.

Un simple rapprochement suffira pour compléter cette comparaison. Le pont du chemin de fer de Saint-Germain, sur la Seine, à Asnières, est à trois voies; il est construit presque tout en chêne; les travées ont 30 mètres d'ouverture. En prenant les 2/3 des matériaux qu'il contient, on trouve que pour deux voies, il aurait dépensé 5 m. cubes 19 de bois et 83 k. 36 de fer par mètre courant. Or, le pont de Richemond ne renferme que 3 m. c. 56 de bois de pin par mètre courant et à peine 1 kilog. de fer. Un autre pont, beaucoup plus massif, en contient 5 m. c. 47 par mètre courant et ne renferme aussi que très-peu de fer.

Calcul de la résistance des fermes. — Le soin avec lequel nous avons rapporté toutes les dimensions des ponts que nous avons pris pour exemple permettait à tout le monde de faire exécuter des ponts à treillage convenablement proportionnés. Nous croyons cependant devoir, en terminant, indiquer la marche ordinairement suivie pour calculer la résistence des constructions de cette nature. L'expression analytique exacte de la force des ponts de Town n'est pas encore connue. On se contente seulement de considérer chaque forme comme un solide évidé, reposant sur des appuis, et composé simplement des cours de moises horizontales supposées invariablement liées entre elles, et on calcule la résistance au moyen de la formule ordinaire :

$$2\,P = \frac{R\,E\,(H^3 - h^3)}{3\,H\,l}$$

Dans laquelle on a :

$2\,P =$ le poids, exprimé en kilogrammes, que l'on peut faire supporter à la ferme.

$l =$ la demi-ouverture de la travée en mètres;

$H =$ la hauteur totale de la ferme;

$h =$ la distance des moises;

$e =$ l'épaisseur des deux moises réunies.

$R =$ un coefficient constant qui ne doit pas, en pratique, dépasser 600,000 kilogrammes pour le bois de sapin et 500,000 pour le bois de chêne.

Faisons une application numérique de cette formule, pour bien faire comprendre son emploi, à la passerelle du Rhône, construite, comme nous l'avons dit, par M. Garella. En se reportant aux dimensions indiquées ci-dessus, on voit que l'on a, dans ce cas :

$l = \frac{27,96}{2} = 13,98$, $H = 1^m70$, $h = 1^m20$,

$e = 4 \times 0,05 = 0,20$, en supposant les deux fermes réunies.

La formule devient donc :

$$2\,P = \frac{600,000 \times 0,20 \times (4,913 - 1,728)}{3 \times 1,70 \times 13,98} 5369\,k.$$

Un poids uniformément réparti sur tout le pont, pourrait être le double, c'est-à-dire 10,738 kilogr.

Cette méthode de calcul est évidemment incomplète, puisqu'on ne tient pas compte de la rigidité propre du système des croisillons, dont la valeur n'est certainement pas à négliger, et que d'un autre côté, on suppose le pont simplement posé sur ses appuis, tandis qu'il est toujours plus ou moins encastré.

Ces différentes causes d'erreurs n'ont pas en pratique de bien graves inconvénients, puisqu'elles n'exposent qu'à donner au bois de trop fortes dimensions. Il serait cependant utile d'avoir des formules sinon exactes, au moins plus complètes que celles que nous venons d'indiquer, et qui sont aujourd'hui les seules employées par les ingénieurs. La théorie mathématique de la distribution des forces, dans les différentes parties d'une ferme en treillage, serait certainement très-difficile à établir, de sorte qu'il n'y a pas lieu de chercher à déterminer *a priori* par le calcul les dimensions des différentes pièces d'une ferme. Mais il serait, je crois, assez facile d'obtenir, comme je vais l'expliquer, des formules empiriques très-précieuses dans la pratique. Le treillage présente par lui-même une certaine résistance, que l'on peut évidemment assimiler à celle d'une planche, sans solution de continuité et des mêmes dimensions que lui-même, mais pour laquelle le coefficient de résistance R aurait une certaine valeur dépendant de la nature des ajustages, etc. Cette valeur une fois déterminée pour chaque espèce de treillis, on conçoit qu'il serait facile d'avoir la formule qui donnerait la véritable résistance de la ferme. Signalons enfin une conséquence assez importante déduite des observations précédentes. Si, en effet, le treillis a par lui-même une résistance propre qui permette d'assimiler les fermes des ponts américains à une pièce dont la section aurait la forme d'un double T, on peut économiser les matériaux sans perdre de force, en écartant de plus en plus les croisillons, à partir du milieu de la travée, de manière à donner aux différents points de la ferme une résistance variable analogue à celle des solides d'égale résistance (1).

(1) Cet article a été inséré par un de nos habiles ingénieurs, M. H. Mangon dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

Il existe encore d'autres remarquables constructions en bois, nous nous bornerons à citer ici les ponts à arcs en planches dus à un ingénieur des ponts et chaussées, M. Saint-Far.

Ponts à arcs en planches de sapin. — Dans ces derniers temps on a fréquemment employé sur les chemins de fer, pour franchir les fleuves ou les vallées, un système de ponts-viaducs dont les arches sont formées d'un certain nombre de planches de sapin de 7 à 8 centimètres d'épaisseur, posées à plat. Ces fermes ont généralement remplacé celles des ponts en bois de chêne composées de trois ou quatre cours de pièces superposées et d'un équarrissage de 25 à 30 centimètres chacune.

Les planches de sapin s'assemblent les unes sur les autres, à joints recouverts sur le cintre provisoire disposé pour les recevoir; elles sont séparées entre elles par une feuille de papier goudronné posée dans le double but de réunir les planches entre elles et de chasser l'humidité de ces joints multipliés. On assure d'ailleurs la liaison d'une planche à l'autre, à mesure que la pose s'avance, au moyen de chevilles en bois noyées. En outre, lorsque l'arc est fini, on complète l'assemblage en l'entourant d'un certain nombre de brides en fer.

Ces arcs sont plus économiques que ceux en bois de chêne équarri; il faut, pour ceux-ci, des pièces de forte dimension qui se plient mal, et qui périssent par les joints, où la pourriture fait de rapides progrès au bout d'un petit nombre d'années. La ferme en planches de sapin se plie sans difficulté à la courbure du cintre sans trancher le fil du bois et sans avoir recours au pliage dispendieux par la vapeur. L'homogénéité de l'arc, alors qu'il est bien assujetti par de solides tympans, permet d'atteindre les plus grandes ouvertures des ponts en fonte.

On remarque des exemples de ces ponts sur les chemins de fer de Rouen et du Havre où ils ont été adoptés par M. l'ingénieur anglais, J. Locke; à Bezons, au Manoir, à Oissel, à Rouen, en amont du pont de pierre, quatre de ces grands ponts-viaducs franchissent la Seine. A Saint-Germain, l'embranchement atmosphérique qui aboutit à la place du Château a également emprunté l'arc en sapin plié pour traverser les deux bras de la Seine séparés par l'île de la Corbière.

Ce système, dont les arcs reposent d'ailleurs sur des culées et des piles en maçonnerie, a été établi sur la ligne du chemin de fer de Rouen, comme venant d'Angleterre, et nous voyons, en effet, que dans une réunion récente des ingénieurs civils à Londres, une notice l'a attribué à MM. John et Benjamin Green, de Newcastle-sur-Tyne.

Ce système d'arches en sapin laminé, y est-il dit, fut imaginé par M. Green en 1827, lorsqu'il s'occupait d'un projet de pont pour traverser la rivière Tyne à Scotswood, mais où la profondeur et la rapidité des eaux déterminèrent, à cette époque, la construction d'un pont suspendu. Plus tard, quand la compagnie du chemin de fer de Newcastle à Carlisle offrit un prix au meilleur modèle de pont pour franchir la Tyne au-dessus de Scotswood, M. Green présenta un modèle dans le système de planches pliées à plat, et cette disposition d'arc, de 120 pieds de corde, obtint la préférence. En 1833, après avoir étudié de nouveau ce système de construction dans tous ses détails, M. Green commença les ponts-viaducs d'Ouseburn et de Willington sur le chemin de fer de Newcastle à Carlisle.

Le succès de ces ponts les a fait substituer, même en Angleterre, à beaucoup de viaducs qu'on projetait en fonte; on en trouve l'application dans l'un des beaux ouvrages du chemin de fer de Manchester à Sheffield, pour franchir la vallée de Damin. Nous citons particulièrement cette vaste construction que nous avons visitée lorsqu'elle s'élevait par les soins de M. l'ingénieur Alfred Jee.

Aujourd'hui donc que les ponts à arcs en planches de sapin superposées sont partout substitués avec avantage aux cintres en bois de chêne équarri, il convient de rendre au véritable inventeur le mérite de l'invention. Nous ne contestons pas à M. Green le mérite de l'application et du perfectionnement, mais le système en lui-même appartient à un autre : M. le colonel Emy, bien antérieurement à 1827, avait établi déjà plusieurs cintres de sapin plié pour des fermes de manége, ainsi que le constate son ouvrage sur un système d'arcs pour les grandes charpentes; toutefois, l'idée première ne lui appartient pas, ou, du moins, elle avait été émise avant lui. En effet, ce mode de construction est dû à un ingénieur des ponts et chaussées, M. Saint-Far, qui se trouvait employé à Mayence en 1811. Il avait été invité, par ordre de l'empereur Napoléon, à faire l'étude d'un projet de pont fixe à établir sur le Rhin. M. Saint-Far présenta alors au conseil des ponts et chaussées un projet de pont en charpente dont les arcs étaient formés de planches de sapin superposées, et le modèle qu'il fit construire à cette époque est encore au musée de Mayence.

On a donné le nom de fermes à la Philibert Delorme aux cintres en bois de champ, à deux ou trois cours, avec joints recouverts, employés dans un grand nombre d'édifices. Si on voulait désigner, par une abréviation, le système d'arcs, en planches de sapin posées à plat, il semblerait naturel de l'appeler système à la Saint-Fare. (Voy. *Bulletins de la Société d'encouragement.*)

PONTS A TUBES RECTANGULAIRES. — Deux ouvrages d'art remarquables ont attiré, dans ces derniers temps, l'attention du public anglais, et méritent également d'être portés à la connaissance de nos lecteurs, par la hardiesse et le grandiose de leur construction et les moyens ingénieux employés pour les établir; ce sont le *pont de Conway* et celui désigné sous le nom de

Britannia, l'un et l'autre destinés à faciliter les communications entre l'Angleterre et l'Irlande.

La baie d'Holy-Head, dans l'île d'Anglesey, est le point du territoire de la Grande-Bretagne le plus rapproché de l'Irlande. La distance d'Holy-Head à Kingston, port de Dublin, est de 64 milles; elle est de 138 milles entre Liverpool et Kingston. Dans cette mer brumeuse et difficile, appelée le *canal de Saint-Georges*, la brièveté du parcours est un avantage considérable.

Le port de Holy-Head avait donc toujours été en possession du transport des dépêches, et c'était le passage le plus fréquenté par les voyageurs avant l'établissement du chemin de fer.

La route de Londres à Holy-Head, qui traverse l'Angleterre dans toute sa largeur, a été construite par Telford. Parmi les travaux d'art dont elle est semée, on remarque le pont suspendu du Menai jeté sur le bras de mer qui sépare l'île d'Anglesey de l'Angleterre; il a 530 pieds anglais de long et est établi à 126 pieds au-dessus des hautes marées, afin que les navires puissent passer dessous. C'est cette œuvre gigantesque dont nous avons parlé précédemment qui inspira à Stephenson l'idée de faire franchir par un chemin de fer le même détroit sans gêner le passage des vaisseaux qui le fréquentent. C'est pour préluder à cette œuvre hardie que Stephenson a construit le pont de Conway, jeté sur la crique du même nom et ayant 124 mètres de longueur d'une même travée. Ce pont se compose de 2 tubes rectangulaires, chacun de 5 mètres de large et de 7m66 de hauteur; les tubes consistent: 1° en une enveloppe ou étui extérieur formé de plaques de tôle de 1m20 à 2m40 de long sur 0m60 de large, rivées ensemble et renforcées par des nervures composées de cornières disposées de chaque côté des joints, de manière à former un T; 2° en un plancher composé de 6 tubes cellulaires larges chacun de 0m677 et hauts de 0m525; la longueur totale du tube est de 123m60; sa hauteur est de 6m677 aux extrémités et de 7m650 au milieu, y compris les tubes cellulaires du plancher et du plafond; pour permettre la libre dilatation du tube, ses extrémités reposent sur 24 rouleaux en fer, réunis ensemble par des pièces en fer forgé, et placés entre deux plaques de fonte dont l'inférieure repose sur une semelle en madriers fixée à la maçonnerie. Le tube est aussi suspendu, par des boulons en fer forgé, à six poutres en fonte dont les extrémités reposent sur des supports longitudinaux de 3m60 de longueur, avec une gorge circulaire sous la partie inférieure. Les pièces reposent sur 12 boulets placés sur une semelle creuse en fer et dont les extrémités posent sur des tapis en fonte.

On a construit ces poutres sur des pilotis battus sur la rive, et quand elles ont été complétement achevées, on a fait passer dessous, à marée basse, six pontons; à marée haute, le tube a été enlevé au-dessus des pilots sur lesquels il avait été construit. On l'a fait alors flotter jusqu'à l'emplacement qu'il devait occuper entre ces deux appuis qu'on avait laissés inachevés.

Le pont tubulaire de Conway a été achevé au mois de mars 1849, après avoir surmonté de nombreuses difficultés. Il a été soumis à des épreuves très-rigoureuses, et a résisté aux poids énormes dont on l'a chargé et aux vibrations qu'éprouvent les ponts suspendus. Le succès de cette belle entreprise est dès lors assuré et les convois peuvent y passer avec la plus grande sécurité.

C'est sur ce modèle qu'a été construit le pont de Holy-Head par M. Stephenson; ce pont s'appuie sur un pilier massif de 45 pieds d'épaisseur, reposant sur un rocher, auquel on a donné le nom de *Britannia*. L'exécution de cette œuvre gigantesque n'a demandé que quatre années, tandis que la construction du pont de Telford a duré huit ans. La dépense totale a été évaluée, de 600,000 à 700,000 livres sterling (15 à 17 millions de francs).

Le 18 mars, le pont-tube *Britannia* a été ouvert au public; tous les wagons étaient remplis de voyageurs. (Voir *Bulletins de la Société d'encouragement*, 1850.)

PONTS EN FER. — Les ponts sont, tout le monde le sait, des constructions servant au passage d'un cours d'eau. On les classe, suivant les matériaux employés, en *ponts de pierre*, *ponts de bois*, et *ponts de fer;* les ponts suspendus forment une catégorie à part. — Voy. PONTS AMÉRICAINS, PONTS A TUBES RECTANGULAIRES, PONTS SANS ARCHES ET SANS CULÉES, PONTS SUSPENDUS.

La nécessité d'alléger les maçonneries des piles et de diminuer leur section, a introduit dans la construction des ponts l'emploi du fer et de la fonte. C'est aux Anglais qu'on doit la construction des premiers ponts en fer. Ils jetèrent, en 1793, sur la rivière le Wear, le pont de Sunderland, formé d'une arche de 73m15 d'ouverture, sous laquelle les navires passent à pleines voiles. Le *Bulletin de la ville de Lyon* réclame avec raison, en faveur des Français, l'invention des ponts en fer. Le fait est, comme on le verra plus bas, qu'un peintre lyonnais, au milieu du dernier siècle, conçut le premier en Europe le projet d'un pont de fer, dont la longueur devait être de deux cent cinquante-quatre pieds, et la largeur de dix-huit pieds six pouces; il devait être d'une seule arche.

Nos lecteurs nous sauront gré, sans doute, d'entrer dans quelques détails sur les projets qui ont été émis dès le principe par les premiers auteurs de la substitution du fer aux autres matériaux dans la construction des ponts.

Le premier projet que nous présenterons a été conçu et démontré par M. Vincent de Montpetit, déjà bien connu par plusieurs inventions utiles en plus d'un genre, telles que la peinture éludorique, ou l'art de peindre à l'huile dans l'eau; telles que le

secret pour couvrir les peintures, pour les conserver, par un mordant sans couleur et par une glace.

Prospectus d'un pont de fer d'une seule arche proposé depuis vingt toises jusqu'à cent d'ouverture, pour être jeté sur une grande rivière, présenté au roi le 5 *mai* 1783. — Les dangers que présentent à la navigation les piles des ponts sur les grandes rivières, ont des motifs assez intéressants, pour avoir de tout temps engagé les constructeurs à chercher les moyens de faire les plus grandes arches possibles; mais ils n'ont pu les ouvrir qu'en raison de la ténacité des matériaux; car, si l'on avait la faculté de se servir de granit ou de porphyre, au lieu de pierre ordinaire, pour établir des ponts, on pourrait doubler facilement l'ouverture des plus grandes arches; à défaut de ce moyen on a proposé celui d'employer le fer, comme de toutes les matières de construction la plus tenace et la moins destructible; et quoique l'histoire ancienne ne nous ait rien transmis à ce sujet, il est probable que cette idée n'a pas échappé aux architectes de l'antiquité.

Dans ce siècle, le docteur Désaguiller l'avait conçue pour la Tamise; le sieur Garin, en 1719, fut sur le point d'en exécuter un à Lyon, depuis, un autre a été proposé pour le pont Saint-Vincent sur la Saône; en 1755, les sieurs Goissons et de Montpetit s'en occupèrent pour le Rhône. De tous les projets, cependant, qui ont paru, aucun n'a été exécuté en France, soit parce que les connaissances sur cette matière n'étaient point aussi étendues qu'elles le sont aujourd'hui, soit par esprit de prévention ou de parti qui s'élève toujours contre les nouveautés, soit enfin par défaut de combinaison dans la composition. Dans ce dernier cas, il est malheureux qu'on n'y ait pas pris assez d'intérêt pour en conserver des modèles qui auraient dans la suite servi de moyens de comparaison pour en perfectionner le mécanisme.

En 1777 et 1778, deux projets de ce genre ont paru, chacun d'un système différent, par les sieurs de Callipe et de Montpetit. M. de Morveau, de l'Académie de Dijon, en a fait une critique judicieuse, à laquelle ce dernier auteur a répondu. Le projet qui est renouvelé aujourd'hui, est une suite de celui projeté sur le Rhône en 1755; l'auteur, depuis ce temps, s'est occupé à en perfectionner le mécanisme, et en combinant toutes les idées conçues et digérées par des expériences, il s'est convaincu que le plus sûr moyen de succès dans la composition d'un tel édifice était de faire porter toutes les principales pièces de force à angle droit par pression et non par tension; de là, la nécessité de soumettre la longueur du pont à un arc quelconque, afin d'anéantir les oscillations par la pression, et de déterminer toute la portée sur les culées, qui à cet égard n'auront pas plus de résistance à opposer, pour ne pas dire beaucoup moins, que pour une grande arche en pierre dure qui aurait les mêmes dimensions, ce qu'il est aisé de prouver.

L'auteur a exécuté un modèle de fer en 1779, dont le développement est détaillé dans un mémoire lu à l'Académie royale, contenant le calcul des forces tant vives que mortes de tout cet édifice. Ce modèle fut ensuite déposé pendant quatre mois dans la salle d'assemblée, afin de recueillir les avis des académiciens sur les moyens de la plus grande perfection. Il fut aussi, l'hiver, exposé chez M. de la Blancherie pour y être critiqué non-seulement par les connaisseurs nationaux, mais encore par les savants étrangers qui assistaient à ces séances.

Nous empruntons au *Dictionnaire des découvertes* les détails qui vont suivre :

Invention de M. Gaston Rosnay, de Paris. — An VII. — L'auteur s'est proposé, dit-il, en employant le fer pour établir différentes sortes de ponts, de réaliser un nouveau système de constructions plus solides, plus durables, plus commodes, moins chères, et d'une exécution plus facile et plus prompte que celle des ponts en pierre, en bois ou en bateaux. Ses moyens consistent : 1° dans l'emploi du fer doux, forgé en bandes semblables à celles livrées au commerce, ou d'un calibre plus fort au besoin et forgé en barres, ou rondes ou carrées, de diverses grosseurs ; 2° dans la manière d'assembler ces pièces avec des boulons à écrous; 3° à faire ainsi des assemblages inflexibles fixes ou amovibles, ou d'après les systèmes des parallèles, ou d'après celui des cintres combinés, ou d'après l'un et l'autre réunis; 4° de former, au moyen de ces diverses méthodes d'assemblages, une carcasse de pont ou horizontale ou cintrée qui portera le plancher du pont ; 5° d'ajouter des moyens de renfort par des pièces de raccord, par des piliers en fer, par des cintres, et autres moyens dérivés de ces principes. L'auteur a obtenu un brevet de cinq ans pour ce nouveau système. (*Brevets non publiés.*)

Importation. — M. Dillon, ingénieur des ponts et chaussées. — An XI. — Le pont des Arts est le premier en France dont les arches aient été faites en fonte; il est même le premier qu'on ait exécuté en Europe, d'après le système adopté dans sa construction qui a l'avantage d'économiser la fonte. Le poids des neuf arches de ce pont ne monte pas à vingt-neuf mille trois cent quarante-neuf myriagrammes (six cent mille livres); sa longueur entre les culées est de cent soixante-sept mètres (six cent seize pieds), et sa largeur entre les balcons, de dix mètres (trente pieds). Le pont du Louvre ne sert qu'aux gens de pied; il est composé de neuf arches, et chaque arche est formée de cinq fermes; dans chaque ferme il y a deux montants implantés dans les coussinets en fonte, et scellés dans les piles; un grand arc en deux pièces qui se joint au milieu; deux petits arcs, deux contre-fiches et huit supports. Les cinq fermes sont assemblées par des entretoises et d'autres en celles-ci, et les montants sont

liés entre eux par une entretoise et les arcs-boutants. Les pièces de fonte qui composent ce pont ont été coulées près de Tourande, département de l'Orne. C'est dans le haut fourneau, et dans une des cours du bâtiment des Quatre-Nations, que M. Dillon, chargé de la construction de ce pont, a fait les expériences suivantes : une ferme de pont prise au hasard avait été établie sur une charpente liée tellement dans ses parties, qu'elle ne pût s'allonger sensiblement. On y avait adapté des coussinets pareils à ceux scellés sur les piles ; des montants formant fourchette ou coulisse à la partie supérieure pour empêcher la ferme de dévier de son aplomb pendant la charge, comme aussi de la retenir au cas où elle vînt à casser ; et sept caisses en charpente suspendues aux mêmes points où chaque ferme éprouvera la pression d'une partie du plancher et des personnes passant sur le pont. Ces caisses ont été remplies à la fois, jusqu'à ce qu'elles continssent le double du poids que chaque ferme doit porter dans la supposition d'un concours extraordinaire de personnes sur le pont, et pendant cette opération on a pris note des changements de figure du grand arc. Il a successivement baissé à la clef du sommet, et remonté vers les raies, comme l'aurait fait tout autre corps doué d'une faible élasticité, et il est revenu de même à la première position à mesure qu'on a diminué la charge. Ces expériences prouvent : 1° que le système adopté a le degré de solidité plus que nécessaire à sa destination, puisque les fermes mises en expérience ont résisté à un poids double de celui qu'elles doivent porter, quoique privées de l'accroissement de résistance qu'elles acquerront par le plancher, d'après la manière avec laquelle il sera lié avec elles ; 2° que la fonte, assez douce pour permettre de la buriner et de la percer à froid afin d'obtenir un assemblage régulier et solide, a assez de ténacité pour ne pas changer sensiblement de figure, dénaturer la pureté des formes, et occasionner quelques inconvénients. (*Bulletin de la société philomat.*, an XI, page 134.)

Le pont d'Austerlitz, construit en 1804, a étonné les habitants de Paris par la célérité et la beauté de sa construction. Sur la première pile, du côté droit de la Seine, s'élèvent les arbalétriers en fer auxquels s'attachent les embranchements des arches ; des dormants ou coulisses métalliques, dont le nombre et la direction répondent aux arbalétriers des piles, sont incrustés dans la surface intérieure de la culée. Sept fermes ou courbes en fer par chaque arche s'appuient sur les coulisses et sur les arbalétriers en question. Chaque courbe est une portion de cercle. Deux rangées inférieures sont figurées par des parallélogrammes qui offrent l'image des voussoirs en pierre, et en remplissent exactement les fonctions ; leur pression mutuelle promet une simultanéité de résistance égale à celle de plusieurs cubes de pierre placés dans une disposition semblable. Chaque carré, contenant huit parallélogrammes, pèse cinq cents kilogrammes, et la totalité du métal employé dans les arches pèse au delà d'un million de kilogrammes. Sur deux rangées qui présentent la courbe, s'élèvent deux lignes verticales métalliques, entretenues dans la direction de la longueur du pont par des entretoises fondues avec leurs masses. Elles rattachent par leur hauteur la ligne qui détermine l'horizontalité de la chaussée ; car celle-ci n'a aucune inclinaison vers les culées. Des entretoises établies entre une courbe et l'autre, parallèlement au cours de l'eau, contiennent fortement les arches, et les rassurent contre toute pulsion latérale. Enfin, un plancher en bois, couvert de sable et de pavé, est solidement disposé pour résister aux charrois les plus lourds. Cette chaussée offrait la solution d'un problème difficile ; car le poids du pavé, agité par le transit des voitures lourdement chargées, aurait pu inspirer quelque soupçon sur la résistance des attaches inférieures. La méthode qui a été adoptée a le double avantage de la simplicité et de l'économie ; elle dissipe victorieusement toutes les craintes ; elle est plus rassurante et plus ingénieuse que celle dont les Anglais ont fait usage dans les constructions de cette nature. On a donc projeté un plancher en bois, attendu que la moindre durée est compensée par l'avantage d'une grande solidité et d'une élasticité précieuse dans la transmission des mouvements et des percussions. Le pavé dont ce plancher est couvert est d'un échantillon très-petit. Ce pavé est habituellement et constamment couvert d'une couche de gros sable journellement entretenue. L'expérience a démontré aux charretiers que la marche la plus douce est celle d'une voiture traînée sur le sable répandu sur un sol bien affermi.

Le dernier des ponts en fer construits à Paris est le pont du Carrousel. Il a été terminé en 1836 ; il est formé de trois arches de 47 mètres 66 centimètres. Les voussoirs de ce pont élégant sont surmontés de cercles en fonte dont les diamètres vont en diminuant à mesure qu'ils se rapprochent des sommets de ces voussoirs. Le plancher, tangent à tous ces cercles, pèse également sur chacun d'eux.

Des ponts en fer remarquables ont été également construits en divers lieux de l'Europe. Nous ne citerons ici que le pont de Southwarck, à Londres, dont l'arche du milieu, modèle de grandeur et de hardiesse, a 73 mètres 15 centimètres d'ouverture, et les deux autres 64 mètres.

PONTS MILITAIRES. — « Les ponts que les armées sont forcées de construire par elles-mêmes pour franchir les cours d'eau qui s'opposent à leur marche, ponts en quelque sorte improvisés, s'établissent, dit M. le commandant d'artillerie Haillot, soit avec les matériaux trouvés sur les bords des rivières, comme au passage de la Bérézina, en 1812, soit au moyen des équipages de ponts que les armées mènent à leur suite.

« L'histoire nous apprend que César et l'empereur Julien avaient à leurs armées des équipages de ponts, dont le corps de support était une nacelle légère, tressée en osier recouvert à l'extérieur de peaux d'animaux. Mais l'usage des équipages de ponts militaires se perdit dans le moyen âge. Nous les voyons reparaître à l'époque de la guerre de trente ans; ils se composaient alors de gros bateaux et de matériaux lourds et embarrassants, qui exigeaient par voiture un attelage de quatorze chevaux. Les Hollandais les premiers, dans le XVIIe siècle, substituèrent au bateau un ponton plus léger en fer-blanc; cet exemple ne tarda pas à être suivi par l'Angleterre et par les puissances de l'Allemagne; mais les Français et les Espagnols adoptèrent, comme le plus durable, un ponton formé d'une carcasse en bois recouverte de feuilles de cuivre jaune; chez les Russes, cette carcasse était enveloppée d'une toile goudronnée et poissée ou de peaux d'animaux. Tous ces pontons avaient la forme d'une caisse dont les bouts étaient inclinés sur le fond; on les transportait, ainsi que les poutrelles et les madriers nécessaires au tablier du pont, sur une voiture d'une construction particulière, nommée *haquet*; chaque haquet portait une travée, c'est-à-dire un ponton et tous les agrès qu'il fallait pour le ponter. A l'époque de la révolution, les Français avaient, outre leur ponton en cuivre, de gros bateaux en chêne susceptibles d'être portés isolément sur des voitures, et destinés seulement au passage du Rhin. Mais les Autrichiens avaient déjà un équigage de bateaux légers en bois de sapin; les Français imitèrent cet exemple pour la campagne de Russie; malheureusement, on renforça toutes les parties de l'équipage autrichien, on lui fit perdre une de ses qualités essentielles, la mobilité, il ne put suivre la retraite de l'armée; c'est une des causes des désastres du passage de la Bérézina.

« Depuis la paix, toutes les nations d'Europe, profitant de l'expérience des guerres passées, se sont occupées avec une vive sollicitude de la recherche de nouveaux équipages de ponts de campagne. L'un, dit de *réserve*, sert pour toutes les rivières et le passage des grands fleuves; il se compose de soixante-quatorze voitures, dont trente-cinq haquets portant trente bateaux, quatre nacelles et les poutrelles, trente-cinq chariots de parc, chargés de madriers, d'agrès, de cordages, d'engins, etc., et quatre forges de campagne; il permet de jeter des ponts de 204 mètres de longueur. Le second équipage, appelé d'avant-garde, ne comprend que sept voitures; il sert à jeter des ponts sur des canaux et rivières de 40 à 50 mètres au plus de longueur.

« Les équipages de ponts de plusieurs puissances de l'Allemagne ont été construits sur le modèle français. L'Angleterre a un système particulier de pontons en fer-blanc et en cuivre; il est nécessité par l'obligation où l'on est de pouvoir aisément embarquer ce matériel et de le faire servir dans tous les climats du globe. Le nouvel équipage autrichien (que nous avons eu mission d'aller étudier à Vienne en 1842), dû à M. le colonel de Birago, a pour corps de supports des parties de pontons indépendantes les unes des autres, mais qu'on peut rassembler en tel nombre qu'on voudra pour former des bateaux de grandeurs diverses et des chevalets à parties mobiles d'une grande simplicité, et se transportant aisément sur voiture (ce qu'on n'avait point trouvé jusqu'ici). Avec cet équipage, on aura les moyens de seconder en tous lieux, en toutes circonstances, les projets d'un général en chef, quelles que soient les irrégularités du fond de la rivière, le plus ou moins de profondeur d'eau et le profil qu'affecte le lit. Une armée qui transporte à sa suite des équipages de ponts bien organisés franchira où elle le voudra les rivières qu'elle rencontre. Cependant un passage de rivière effectué en présence de l'ennemi a toujours été considéré comme une des opérations critiques de la guerre. Notre histoire militaire moderne renferme les plus beaux faits d'armes de cette nature, il suffit de citer les passages du Rhin par Jourdan et par Moreau, les passages du Pô et du Danube par Napoléon, surtout celui qui précéda la bataille de Wagram. Avant d'entreprendre de vive force le passage d'une rivière, on fait une reconnaissance de son cours, afin de trouver l'emplacement le plus avantageux; on choisit ordinairement une partie sinueuse dont la convexité soit tournée du côté de l'armée attaquante, on établit sur les deux branches de l'arc des batteries dont les feux croisés balayeront la rive coupée par l'ennemi et l'obligeront, dans l'incertitude où on le met sur le véritable point de passage, de disséminer ses forces. Aussitôt que les premières salves ont été tirées et que l'opération est démasquée, les bateaux sont lancés dans l'eau, des troupes s'embarquent; on les jette sur le bord opposé pour en déloger l'ennemi, on entreprend le plus tôt possible la construction du pont; l'hésitation n'est plus permise, tout doit être rapide et instantané. Le passage des troupes en bateaux continue sans interruption pendant la construction du pont. Le pont se déploie, il semble marcher sur l'eau, son tablier avance de plus de 2 mètres à la minute. Un pont de 100 mètres se trouve solidement établi en moins de trois quarts d'heure, et donne passage à la cavalerie et à l'artillerie de l'armée.

« Lorsqu'une armée qui a une rivière à passer est dépourvue d'équipage de ponts, elle est forcée, pour effectuer son passage, d'avoir recours aux ressources locales. On explore le pays, on utilise tout ce que l'on trouve, on réunit au point de passage les bateaux, barques, nacelles dont on peut se rendre maître, on remet à flot les bateaux que les habitants auraient coulés, on dispose tous ces corps de support de manière à pouvoir les ponter sans difficulté; on

s'empare des dépôts de bois, de fer, de cordages, de tonneaux; on abat les arbres; les uns sont débités en poutrelles et en madriers, les plus légers serviront à former des radeaux. On démolit les habitations le plus à proximité de la rivière pour en extraire ce qu'elles renferment en bois et en fer, etc., etc. Une fois les matériaux trouvés, on procède, suivant les lieux et les circonstances, à l'établissement des moyens de passage. Il faut, pour les fleuves et les rivières larges et rapides, des ponts de bateaux solidement ancrés; on peut se borner, pour des rivières de rapidité moyenne, à la construction des ponts de radeaux formés d'arbres ou de tonneaux; pour les rivières tranquilles et peu profondes, on a recours aux *ponts de chevalets*.

« Les ponts militaires prennent le nom des corps de supports dont ils sont construits, de là : *ponts de bateaux*, *de pontons*, *de radeaux*, *de chevalets*, etc., et *ponts mixtes* quand il y a différents corps de supports. Les armées ont aussi construit des ponts de pilotis, de voitures, de gabions, etc. Les ponts militaires les plus célèbres qui aient été jetés sont ceux de Darius sur le Danube; de Xerxès, sur l'Hellespont; de César, sur le Rhin; du duc de Parme sur l'Escaut, en aval d'Anvers, en 1585; ceux des Français, sur le Rhin, la Limmat, le Pô, le Danube, le Niémen, la Bérézina, etc., etc., pendant les guerres de la révolution et de l'empire; celui des Anglais, en 1814, sur l'Adour; et ceux des Russes, en 1837 et 1839, sur le Danube.

« On désigne sous le nom de *pont volant* une portion de pont construite le plus ordinairement sur deux grands bateaux. Elle est fixée à un long cordage ou à une chaîne qui a son point d'attache dans le lit même de la rivière. La force seule du courant fait passer le pont volant d'une rive à l'autre. C'est le but qu'on se propose en l'établissant. Les ponts volants ne peuvent donc s'établir que sur des cours d'eau qui ont une certaine rapidité. Les bateaux qui supportent le tablier (plancher du pont) doivent être longs, étroits et à bordages verticaux, pour mieux se prêter à l'action du courant. La grandeur du tablier et la force des bois qui y sont employés sont proportionnés à la charge qu'ils auront à porter et à la capacité des bateaux. On donne ordinairement au câble du pont volant une longueur égale à une fois et demie la largeur de la rivière. On choisit son point d'attache (presque toujours une ou deux fortes ancres), de manière que le pont volant aille et vienne d'une rive à l'autre avec la même facilité et la même vitesse. Ce câble est élevé au-dessus de la surface des eaux par un certain nombre de petites nacelles, et il glisse, sur le pont volant, le long d'une potence en forme de portique. On construit des embarcadères au point où le pont volant aborde aux rives. Deux ou quatre hommes suffisent à la manœuvre d'un pont volant. Ce moyen de passage prompt et commode, très-aisé à établir, est employé sur les grandes rivières, particulièrement sur le Rhin et sur le Danube. Les armées ont fait un fréquent usage de ponts volants pour passer les rivières; on s'en servait simultanément avec les autres moyens pour accélérer le passage (1). »

PONT SANS ARCHES ET SANS CULÉES, par *M. Giraud*. — Un pont d'une portée égale à deux fois la largeur de la Seine, sans arches et sans culées, est certainement un problème mécanique difficile, curieux et d'une grande importance : il vient d'être résolu par M. Giraud, petit homme sans jambes, sans bras, ou plutôt avec des membres rudimentaires, sans fortune, isolé, avec les seules forces d'une grande intelligence. Voici la description du système de M. Giraud, d'après M. Poncelet, l'illustre membre de l'Institut.

« Ce système consiste en un mode particulier de liaison entre des pièces mises bout à bout et formant une arche horizontale en plate-bande, sans aucune flèche ni courbure.

« Depuis assez longtemps on a essayé de former des arches en plate-bande, en donnant à des voussoirs réunis la force suffisante pour résister à la charge, comme le ferait une seule pièce. Mais ces diverses combinaisons, qui sont formées ou de pièces triangulaires, ou de voussoirs composés de parties droites et courbes, ne présentent pas les avantages du système de M. Giraud.

« Pour le bien concevoir, il faut se reporter d'abord à un autre un peu plus simple. On concevra qu'on réunisse bout à bout une suite de poutres de bois ou de fonte, et qu'on place à côté et tout contre un deuxième cours semblable, dont les joints répondent aux pleins du premier. Des liens ou étriers en fer, embrassant les deux cours de poutres aux emplacements des joints des unes et des milieux des autres, donneront à l'ensemble une roideur qui dépendra, d'une part, de la force des liens en fer, et, d'une autre, de celle de ces pièces dans l'intervalle de ces liens. Ce mode n'aurait rien de nouveau ni d'avantageux : il exige trop de matière, soit pour les pièces de bois ou de fonte, soit pour les liens en fer. Ce qui distingue l'idée de M. Giraud, c'est d'avoir donné à chaque poutre ou voussoir la forme du solide d'égale résistance, c'est-à-dire d'une demi-ellipse dont la courbe est en dessous et le diamètre en dessus, et d'avoir remplacé les liens ou étriers par un système de liaison très-différent. Ce système exige qu'au lieu de deux cours de voussoirs, il y en ait au moins trois, ou un nombre impair. Nous supposerons ici qu'il y en ait trois : les mêmes considérations s'étendraient facilement à un autre nombre. Les constructeurs donnent le nom de *ferme* à ces cours de voussoirs; nous nous servirons de cette dénomination. Les joints de chaque ferme répondent aux milieux des voussoirs formant le cours contigu. Des bandes de fer ou des cordes en fil de fer embrassent le dessous courbe de chaque voussoir et viennent

(1) Voy. *Encyclopédie des gens du monde*, t. XXI.

s'accrocher à des clavettes longitudinales qui sont placées par dessus des poutres transversales dites *pièces de pont*, et qui les serrent fortement sur les milieux des voussoirs des première et troisième fermes pour le lien qui répond à la ferme intermédiaire, et sur les milieux des voussoirs de la deuxième ferme, pour les liens qui répondent aux première et troisième fermes. Dans le premier cas, la traverse ou pièce de pont est serrée par quatre liens et s'appuie sur la deuxième ferme; dans le second cas, elle est serrée par deux liens et s'appuie sur les première et troisième fermes. Cette liaison des bandes ou cordes aux clavettes se fait très-simplement, en mettant les cordes doubles pour qu'elles embrassent les clavettes. Pour le voussoir suivant dans la même ferme, le lien embrasse la même clavette, qui, prise ainsi par ses deux extrémités, serre la traverse ou pièce de pont contre les fermes qu'elle relie. Cette traverse presse la ferme du milieu quand elle est prise par deux clavettes répondant aux première et troisième fermes; elle presse les deux fermes extrêmes quand elle est prise par une clavette sur la ferme intermédiaire. On a donc ainsi l'un contre l'autre deux systèmes de polygones articulés, tendus en ligne droite, l'un formé de la ferme du milieu, l'autre des deux fermes extrêmes, chacun étant composé d'une suite de pièces ou voussoirs rectilignes en dessus et courbés en dessous, et disposés dans les trois fermes de manière que les joints dans l'une répondent aux milieux des pleins dans la voisine. Toute légère flexion occasionnée par leur poids ou par une charge extérieure sur la réunion de ces polygones, tend à prononcer les angles aux articulations, et à produire de fortes tractions sur les liens; ces tractions agissent sur un même voussoir pour enfoncer son milieu et pour relever ses deux extrémités, et le mettre ainsi dans la situation statique d'une pièce chargée au milieu et soutenue par les deux extrémités. On conçoit donc que la forme d'une demi-ellipse donnée à ces voussoirs soit la plus convenable à la résistance et à l'économie. Ainsi, dans le système de M. Giraud, on aura toujours une garantie suffisante sous ce rapport. L'incertitude sur la solidité de la construction se porte principalement sur les liens, qui éprouvent des tractions très-considérables. Le calcul de ces tractions offre une question de statique qui a été bien résolue par l'auteur, et dont la solution conduit à une règle susceptible d'être énoncée simplement : elle mérite d'être introduite dans les cours d'application de la mécanique à l'art des constructions. Cette règle consiste en ce que, si, comme cela arrive ordinairement, la charge est distribuée uniformément sur la longueur, les tractions des liens croissent depuis les points d'appui jusqu'au milieu de l'arche, comme les ordonnées d'une parabole à axe vertical; l'effort maximum qui répond à ce milieu est exprimé très-approximativement par le poids de l'arche multiplié par le quart du nombre des voussoirs; en sorte qu'il est proportionnel au poids d'un voussoir et au carré de leur nombre. »

Le système de M. Giraud satisfait à des conditions spéciales : on peut donc espérer qu'il aura d'utiles applications. Il a l'avantage de ne pas produire de poussée ou de traction sur ses points d'appui, et de laisser de la hauteur pour le passage des bateaux. Dans les expéditions militaires, on peut emporter des voussoirs sur un petit nombre de modèles et s'en servir là où le bois manquerait. Mais il n'est pas possible, lorsqu'une idée neuve surgit, d'en prédire toutes les applications. L'Académie des sciences l'a bien compris, car elle a approuvé le système imaginé par M. Giraud, quoiqu'il ne soit encore qu'à l'état de théorie.

PONTS SUSPENDUS. — Les ponts suspendus se composent de câbles ou chaînes de fer tendues d'une rive à l'autre, supportant au moyen de tiges de suspension, un tablier qui donne passage aux piétons et aux voitures. Ces sortes de ponts ne datent guère que de trente ou quarante ans, et cependant il y en a un grand nombre tant en France que dans les autres contrées de l'Europe; c'est qu'en effet les avantages qu'ils présentent, sous le rapport de l'économie et de la facilité d'établissement, sont incontestables.

Chaînes. — Les chaînes sont plus usitées en Angleterre qu'en France; elles sont formées de barres de fer forgé, reliées entre elles par des boulons. Si l'on n'a qu'une seule barre à assembler avec une autre, on unit les deux maillons au moyen de plates-bandes et de goujons; si l'on a quatre maillons, on rapproche l'un de l'autre les maillons intérieurs en les séparant toutefois par une tige de suspension, et l'on place les deux autres extérieurement, de part et d'autre des deux premiers; le tout est relié par un boulon. Le forgeage de ces pièces exige une grande surveillance; car si elles présentent quelques défauts, elles se rompent et peuvent occasionner la chute du pont; aussi préfère-t-on maintenant en France des câbles en fils de fer, qui sont plus faciles à fabriquer et d'un emploi plus sûr.

Câbles. — Le plus généralement, pour former un câble, on se sert de fils de fer n° 18 que l'on enroule en écheveaux autour d'une croupière, en ayant soin de leur donner à tous la même longueur, afin que, par la suite ils supportent une tension égale; on les relie ensuite, de distance en distance, au moyen de fils recuits que l'on tourne autour d'eux et qui portent le nom de *ligatures*.

Une question des plus importantes dans ces sortes de ponts, c'est de donner aux câbles une section suffisante pour qu'ils supportent, sans chances de rupture, le poids du tablier ou des fardeaux accidentels qui peuvent se présenter. Voici quelques-uns des calculs qui y conduisent. Et d'abord il s'agit de connaître la courbe qu'affecte un câble tendu d'une rive à l'autre. On peut le considérer comme formant un système

funiculaire s'articulant en divers points, soit, M_0 M_1 M_2 ; si nous considérons le point M_0, nous remarquerons qu'en ce point nous avons trois forces : une tension horizontale Q, un poids P_0 et une tension T_1 du côté M M_1. Or, il faut que leurs composantes se détruisent pour que le système soit en équilibre : appelons x_0 x_1 x_2, les abscisses ; y_0, y_1, y_2, les ordonnées ; p, le poids par mètre du tablier. On a pour la composante verticale $P_0 = p x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2} = \frac{p}{2}(x_0 + x_1)$; égalant les composantes horizontales, nous aurons $Q = T_1$, cos. $a = T_1 \left[\frac{x_1 - x_0}{M_0 \quad M_1}\right]$; égalant les composantes verticales, on a $\frac{p}{2}(x_1 + x_0) = T_1$, sin. $a = \frac{T_1 \quad y_1}{M_0 \quad M_1}$; divisant ces deux équations l'une par l'autre et réduisant au même dénominateur, nous aurons $y_1 = \frac{p}{2Q}(x_1^2 - x_0^2)$. Pour un point quelconque, on aurait $y = \frac{p}{2Q}(x^2 - x_0^2)$, équation d'une parabole. Si on fait $x_0 = 0$, le côté M_0, M_1 aboutit au sommet, et l'équation de la courbe formée par le câble devient $y = \frac{p}{2Q} x^2$ (A). Il s'agit maintenant de voir comment on applique cette formule. Dans la pratique, on connaît l'ouverture d du pont et où se donne la flèche f, la formule (A) devient alors $f = \frac{p \, d^2}{2Q \, 4}$ (B). Tirant la valeur $Q = \frac{p \, d^2}{8 f}$ et substituant cette valeur dans (A), on a $y = \frac{4 f}{d^2} x^2$. Cette formule servira à tracer exactement la courbe en donnant différentes valeurs à x et prenant celles de y correspondantes ; c'est encore à l'aide de cette formule que l'on peut déterminer la longueur des tiges de suspension. Pour connaître la tension exercée sur les câbles et en déduire la section convenable, cherchons la tension du dernier côté; en supposant qu'il soit assez petit pour se confondre avec la tangente à la parabole, nous aurons, T étant la tension horizontale :

$$Q = T \frac{\frac{d}{2}}{\sqrt{\frac{d^2}{4} + 4 f^2}}$$

ou remplaçant Q par sa valeur trouvée tout à l'heure, et résolvant par rapport à T,

$$T = \frac{p \, d}{4 f} \sqrt{\frac{d^2}{4} + 4 f^2} \text{ (C).}$$

Or, on sait qu'en moyenne la limite de résistance du fil de fer est de 60 à 80 k. par millimètre carré de section, et de 45 à 50 k. pour le fer en barres. On a reconnu en outre, par des expériences, que quand une tige en fer était soumise à une tension comprise entre le $\frac{1}{4}$ et le $\frac{1}{2}$ de la force absolue, elle s'allongeait progressivement jusqu'à ce qu'elle se rompît; il ne faudra donc faire porter au fil de fer que 18 k., et pour le fer en barres, que 12 k. par millimètre carré. Dans la formule (C), il faut compter avec le poids du tablier, la surcharge d'épreuve qui est de 200 k. par mètre carré. Il est également important de connaître la longueur de la chaîne, ainsi que celle des tiges de suspension ; elle est donnée par la chaîne en appelant S cette longueur par la formule $S = d \left(1 \times \frac{8}{3} \frac{f^2}{d^2}\right.$. Quant à celle au moyen de laquelle on calcule la longueur des tiges, deux cas se présentent. Si on a une tige au sommet de la courbe, on se servira de la formule

$$\frac{4 f}{6} \frac{l^2}{d^2} (2n - 1)(2n - 2)(2n + 1).$$

Tiges. — Les tiges qui soutiennent le tablier sont tantôt en fer forgé, tantôt en fil de fer. Quand la courbe est formée d'une chaîne, les tiges sont en fer ; elles sont reliées aux pièces transversales où pièces de pont, qu'elles traversent de part en part au moyen d'un écrou ; on peut aussi faire usage d'un étrier en fer, et, dans le cas ou la pièce de pont est formée de deux parties, on fait passer la tige entre les deux, et l'on se sert d'un sabot ou d'un étrier. Dans le cas où le tablier est supporté par des câbles, on se sert de tiges forgées ou de fils de fer assemblés comme les câbles. Ils transmettent le poids du tablier par des coussinets en fonte, et soutiennent les pièces du pont par des espèces de colliers qui ne sont autre chose que le prolongement de la tige elle-même; quelquefois cependant ces colliers sont en fer. L'emploi des câbles et tiges en fil de fer oblige à prendre certaines précautions pour empêcher l'oxydation : elles consistent dans l'immersion des fils dans l'huile de lin avant leur fabrication, et dans l'application de plusieurs couches après la pose.

Tablier. — Le tablier, dans les ponts suspendus, consiste en poutres transversales ou pièces de pont soutenues aux deux bouts par les tiges de suspension et espacées entre elles de 1m25 à 1m50. Elles sont reliées par les longuerines formant le trottoir et fort souvent même par un autre cours de pièces longitudinales placées sous le tablier. Cette liaison des pièces de pont entre elles est très-importante ; elle a pour but d'éviter les ondulations produites par le passage des voitures en répartissant leur poids sur un plus grand nombre de tiges. Le plancher est formé de forts madriers placés dans le sens perpendiculaire à celui des pièces de pont, et espacés entre eux de 0m05 à 0m08.

Une précaution utile à prendre, consiste à employer des étriers en fer qui servent à assembler la longuerine avec la pièce de pont, et donnent plus de rigidité au système. Après les longuerines viennent, dans le sens transversal, les planches qui devront former le sol sur lequel circulent les voitures. Le trottoir s'établit avec des madriers placés sur les longuerines dont nous avons parlé en premier lieu qui l'exhaussent au-

dessus de la chaussée; il est bordé par un garde-corps que l'on utilise en l'employant à la consolidation du pont. Pour cela on donne aux pièces qui le composent la forme de croix de Saint-André venant buter les unes contre les autres; elles s'assemblent à leur sommet dans une pièce longitudinale qui sert de main courante, et à leur base dans la longuerine qui supporte le trottoir. La main courante est en outre reliée de distance en distance par un tirant en fer, qui l'unit davantage avec les croix de Saint-André et forme de cet ensemble un tout solide. Quelquefois les croix de Saint-André, au lieu de s'assembler dans le bois lui-même, viennent s'encastrer aux abords dans des sabots en fonte auxquels sont attachés les tirants en fer; dans ce cas il faut avoir soin de bien calfater le sabot inférieur, afin que l'eau ne puisse y séjourner, et pourrir le bois. En général on doit éviter les garde-corps en fer, surtout pour les ponts dont le passage est actif. Le fer n'a pas assez d'élasticité pour résister aux ondulations; il se déforme quand il ne se rompt pas. Pour que le tablier du pont ne se soulève pas aux abords des piles et culées, on a la précaution de soutenir les longuerines au moyen de corbeaux ou sous-poutres que l'on relie, d'une part à la charpente avec des étriers en fer, et de l'autre à la maçonnerie par un fort encastrement et des tirants en fer, profondément engagés.

Culées. — Les ponts suspendus, comme les autres ponts, exigent la construction de piles et de culées, mais leur disposition présente des différences importantes. En effet, les culées ne supportent plus, comme à l'ordinaire, une pression, elles ont au contraire à résister à une traction qui doit être contre-balancée par leur poids. Les piles également, en raison de la hauteur des points d'appui qu'elles doivent fournir, ont des dispositions particulières. Le plus souvent, les câbles ou chaînes de suspension passent sur des piliers ou sur des bielles élevées sur les culées, et s'infléchissent en faisant un angle égal à celui de la tangente à la courbe; ils prennent alors le nom de *câbles* ou *chaînes de retenue.* Arrivés au sol ils s'infléchissent de nouveau, s'introduisent dans le massif au moyen d'ouvertures appelées cheminées et y sont fixés définitivement dans les puits ou chambres souterraines, dans lesquels sont établis les systèmes d'amarrage. Ces massifs doivent être calculés de façon que l'effort qui tend à soulever soit moindre que la composante de son poids dans la direction de cet effort, et que la composante horizontale de la tension soit moindre que le produit du poids de la maçonnerie par le coefficient de frottement 0,76. Si la chaîne, après son inclinaison, est perpendiculaire, on donne au massif 1 mètre cube pour 1,000k. de tension. Pour former le massif de retenue on réunit la culée par des murs en retour d'équerre que l'on fait servir à supporter la traction. Une bonne disposition consiste à réunir ces puits par une voûte en arc de cercle dont les retombées aboutissent aux puits d'amarrage, et viennent ajouter à la stabilité par leur poids et par celui des terres que supporte la voûte. Les câbles sont retenus dans les puits par de forts goujons en fer qui passent dans les croupières et s'appuient sur une plaque de fonte solidement encastrée dans la maçonnerie. Il est important que le point d'inflexion se fasse au-dessous du sol afin que les assises de pierre ne glissent pas les unes sur les autres entraînées par la tension, à moins cependant que l'on n'appareille ces pierres en voûte. On doit aussi prendre garde que la résultante au point d'inflexion ne sorte pas de la culée.

Quand l'amarrage est terminé, on remplit les cheminées de chaux pour conserver le fer et on recouvre leur orifice d'une dalle en pierre ou en fonte.

On ménage toujours une ouverture qui permet de descendre dans le puits et de visiter les points d'attaches. Dans certaines circonstances, si le sol est très-résistant, on n'a plus besoin d'élever un massif en maçonnerie pour faire équilibre à la tension, on se contente d'assujettir les câbles dans le sol lui-même au moyen de voûtes renversées. C'est ce qui a eu lieu au pont de Fribourg.

Piles. — Les piliers se construisent tantôt en maçonnerie, tantôt en fonte. Lorsqu'ils sont en maçonnerie, ils ont la forme de portiques plus ou moins ornés de colonnes ou de pilastres. Les câbles peuvent y être attachés ou ne faire qu'y reposer. Quand ils y sont fixés, on fait usage d'un chevalet en fonte avec patin, muni de quatre forts tirants en fer, qui descendent jusque dans le bas de la pile, où ils sont scellés; ce chevalet porte un fort goujon en fer forgé auquel sont assujettis les câbles.

On peut aussi faire passer les câbles de chaque côté du pilier en les courbant, et les amarrer dans la pile; alors la pile joue réellement le rôle de culée et porte ce nom. Dans tous les cas, il faudra calculer l'épaisseur de la maçonnerie, en prenant le moment de la composante horizontale, appliquée au sommet du pilier et l'égalant au moment de la résistance, qui est le poids du pilier et de la pile, appliqués au centre de gravité. Si le câble ne fait que reposer sur la pile, on le supporte au moyen d'un *chariot* ou système de rouleaux en fonte, reliés entre eux, qui a pour but de permettre le glissement des câbles et une répartition de la charge.

Afin d'éviter l'emploi des piliers en maçonnerie, qui sont coûteux et obstruent quelquefois la vue, on a souvent imaginé de se servir de la fonte à laquelle on donne la forme de bielles ou de colonnes; quand on les voit de face, elles ont la configuration de solides d'égale résistance; latéralement, elles ont une forme trapézoïdale dont le plus grand côté est à la base, afin qu'elles aient plus de stabilité; leur hauteur est de 2m75, et leur largeur à la base de 0m92. Elles sont terminées au sommet par

une partie circulaire, afin que le câble vienne s'y étendre en s'aplatissant et ne se courbe pas brusquement, ce qui pourrait occasionner des ruptures dans les fils. La partie inférieure a la forme d'un couteau et est placée dans un coussinet en fonte, de telle sorte que la bielle peut prendre un mouvement d'oscillation; le tout repose sur un socle en pierre. Telle était la disposition adoptée au pont de Bry. D'autres fois, comme aux ponts de Saint-Denis, de Triel, on donne à la fonte la forme d'une colonne terminée par un couteau à sa partie inférieure et par un chevalet et un fort goujon au sommet. Au pont de Curel, on a dissimulé le fût de la colonne sous une base rapportée. Lorsqu'on fait usage de supports en fonte dans des ponts qui ont plusieurs travées, il est indispensable de les rattacher aux piles ou culées au moyen d'un *hauban*, ou câble oblique qui part du sommet et se fixe dans la maçonnerie, comme les câbles de tension. En effet il pourait arriver qu'une de ces travées fût chargée de poids considérables, tandis que l'autre ne le serait que fort peu, alors elle serait soulevée et la colonne prendrait des oscillations nuisibles à la solidité du pont, si même elle n'était pas déversée. Une autre innovation, qui n'est pas moins bonne que la première, consiste à employer du fer pour former les pièces de ponts auxquelles on donne la forme de solides d'égale résistance. Elles sont composées de barres de fer cintrées et réunies entre elles par des tirants et des pièces obliques, qui empêchent leur déformation ; elles n'ont pas l'inconvénient de fléchir et ne sont pas sujettes à se pourrir comme les pièces de ponts en bois qu'il est difficile de remplacer. M. Chaley a employé pour poutrelles des tuyaux ou cylindres en fonte qui ont complétement réussi.

Pour terminer ce qui regarde les ponts suspendus, il nous reste à dire un mot de ceux qui sont les plus remarquables. Le pont de Fribourg, qui tient le premier rang, n'a qu'une travée de 265 mètres, nécessitée par la profondeur de la vallée sur laquelle il est établi. Ses chaînes sont supportées par des portiques de 20 mètres de hauteur et de 5 mètres d'épaisseur; elles viennent ensuite s'attacher dans le roc, de la façon que nous avons indiquée déjà. Ce pont, d'une construction si hardie et si élégante, n'offre peut-être pas assez de rigidité dans son tablier qui ondule au passage des voitures. Au pont de Menay, en Angleterre, qui est élevé d'au moins trente mètres au-dessus de la mer, afin de permettre aux bâtiments à voile de passer, on a tendu quatre chaînes qui forment trois travées, une au milieu pour les piétons et deux latérales pour les voitures. Les piles sont en outre évidées afin d'alléger autant que possible la maçonnerie, car le terrain sur lequel on avait à fonder était très-mauvais. Il a été fait de même à Cubzac, où l'on avait également le passage des navires et, en outre, une largeur de 500 mètres; on a adopté cinq travées; les piliers, au lieu d'être en maçonnerie, sont en fonte, ayant la forme de colonnes reliées par des haubans. Parmi les ponts de moindre importance, mais qui sont néanmoins d'une construction remarquable, nous citerons le pont de Genève, dont les chaînes ont été placées au-dessous du tablier; les ponts de Saint-Denis, construits avec autant de légèreté que d'économie, en deux travées supportées chacune par une colonne en fonte, munie de haubans ; le pont de Triel et de Brie-sur-Marne, où l'on a fait usage de bielles en fonte. Les supports de ce dernier pont sont peut-être un peu faibles au sommet, et il est à craindre qu'ils ne nuisent à la solidité de l'ouvrage. Enfin, au pont de Curel, sur la Marne, l'emploi de la fonte a permis de réaliser une grande économie sans nuire cependant à la solidité (1).

La hardiesse des ingénieurs ne devait pas s'arrêter aux constructions connues jusqu'à ce jour : voici ce que nous apprennent les journaux étrangers :

Les Américains ont commencé la construction d'un pont suspendu sur le Niagara, à l'endroit où le fleuve commence à se resserrer, et un peu au-dessus de la célèbre cataracte. Ce pont, qui aura huit cents pieds de long, aura deux voies superposées, l'une consacrée au trafic ordinaire, l'autre destinée à mettre en communication le chemin de fer que l'on construit au Canada avec le chemin de fer de New-York. Les ingénieurs américains ont choisi comme moyen de suspension des câbles en fil de fer, regardant ces sortes de câbles comme éminemment propres, à raison de leur force de cohésion, à supporter d'énormes fardeaux et à résister à de violentes secousses. Le pont présentera extérieurement l'aspect d'une immense poutre creuse de vingt pieds de largeur et de dix-sept pieds d'épaisseur. Le tablier supérieur, destiné au chemin de fer, aura vingt-quatre pieds de largeur entre les deux garde-fous; il sera suspendu à deux câbles de fil de fer, soutenus par des attaches. Le tablier inférieur, destiné à la circulation ordinaire, aura dix-neuf pieds de large et sera suspendu à quinze pieds au-dessous du premier, auquel il sera relié par des travées verticales, qui serviront en même temps de balustrades. Les deux câbles qui supporteront ce second tablier seront infléchis de dix mètres de plus que ceux qui supporteront le tablier supérieur. Le pont sera ancré au moyen de huit puits de vingt-cinq pieds de profondeur creusés dans le roc; le fond de ces puits sera élargi de façon à recevoir comme ancres des billots de fonte de six pieds carrés; ces chambres seront taillées à section prismatique, et une fois bouchées avec une maçonnerie solide, elles ne pourront céder à la traction du pont sans que le roc soit soulevé et arraché sur une étendue considérable. Les tours destinées à porter le pont auront six cents pieds de haut, quinze pieds carrés à la base et huit au sommet. La pierre cal-

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

caire dure et compacte qu'on emploiera à la maçonnerie de ces tours subira une pression de 500 tonneaux par chaque pied carré. Le sommet des tours sera revêtu de chevalets de fonte pour supporter les câbles; les chevalets se composeront de deux parties : la partie inférieure fixe et la partie supérieure mobile et reposant sur des cylindres de fer forgé. Ces chevalets supporteront une pression de 600 tonneaux chaque fois qu'un convoi au maximum de charge traversera le pont.

Le poids du pont se décompose ainsi qu'il suit :

Bois de construction. . .	455,065 kilog.
Fer forgé et attaches. .	56,560
Fonte	22,166
Rails du chemin de fer.	33,370
Câbles de suspension. .	267,700
Total.	834,861 kilog.

Le poids des trains qui traverseront le pont a été ainsi calculé : 1 locomotive, 25 tonneaux; 27 wagons de marchandises de 23 pieds de long à 15 tonneaux chacun, 405 tonneaux; en tout un poids de 430 tonneaux pèsera sur les câbles, lorsqu'un train occupera le pont dans toute sa longueur; en ajoutant à cette pression 61 tonneaux ou 15 0/0 en sus comme résultat d'une vitesse de deux lieues à l'heure, et 782 tonneaux le poids du double pont, on trouve que la charge maximum sera de 1,273 tonneaux.

La tension des câbles, résultant d'une charge de 1,273 tonneaux et d'une inflexion moyenne de 59 pieds, est évaluée à 2,240 tonneaux. Comme cette tension maximum ne se présentera que rarement, on croit suffisant d'avoir une force de résistance quadruple ou égale à 8,960 tonneaux. Mais en prenant 2,000 tonneaux comme la tension à laquelle les câbles peuvent être soumis, on s'est assuré une force de résistance quintuple ou égale à 10,000 tonneaux. Pour avoir cette force, il sera nécessaire d'employer 15,000 fils de fer n° 10; à chaque extrémité du pont supérieur, les câbles seront soutenus par 18 attaches dont la force équivaudra à 1,440 fils de fer, ce qui laisse 13,560 fils de fer pour les quatre câbles de suspension : chaque câble sera donc formé de 3,390 fils de fer, et aura neuf pouces un quart de diamètre.

Le pont du chemin de fer sera à dix-huit pieds au-dessus du niveau de la rive canadienne, et à vingt-huit pieds au-dessus de la rive américaine. Nulle part au monde on ne trouve un pont de chemin de fer qui offre une pareille longueur entre deux points d'appui. — *Voy.* Chemins de fer.

PORCELAINE. — D'après un savant et ancien directeur de la manufacture de Sèvres, M. A. Brongniart, nous définirons la porcelaine : une poterie à pâte fine et grenue, ne se laissant pas entamer par l'acier; translucide et susceptible de recevoir une *couverte*, *vernis*, ou *émail brillant*, solide et dur.

La porcelaine ne fut connue en Europe que vers le commencement du XVIe siècle, époque où les Portugais importèrent les premières porcelaines de l'extrême Asie orientale, c'est-à-dire de la Chine. La porcelaine est employée dans la confection des meubles les plus usuels des Chinois; elle revêt leurs monuments ainsi que l'intérieur de leurs maisons; elle est employée presque seule dans leurs ustensiles de ménage; sous des formes quelquefois bizarres, mais toujours élégantes et riches, elle décore leurs demeures. Depuis la plus haute antiquité, cette partie de l'art céramique était poussée chez eux à un haut degré de perfection; leurs peintures, que vulgairement nous appelons grossières, sont d'un fini et d'un coloris achevé; il est de certaines porcelaines que, malgré nos sciences, malgré l'habileté de nos artistes et de nos chimistes, nous ne sommes pas encore parvenus à reproduire : les belles porcelaines de Chine et du Japon sont encore si recherchées aujourd'hui en Europe, et payées à des prix si élevés, qu'il nous semble à propos de donner un court aperçu sur l'état de cette industrie en Chine, et d'y joindre en même temps quelques détails sur la fabrication de ce précieux produit.

King-Te-Ching n'est qu'un village, c'est-à-dire une réunion d'habitations non enceintes de murs; mais peu à peu l'industrie a grossi le nombre de ses habitants, qui s'élève aujourd'hui à plus d'un million (1). « Lorsque j'arrivai, dit l'auteur de cette relation, la nuit, sur les hauteurs qui la dominent, je crus assister à un vaste incendie : sous un dôme épais de fumée, des milliers de fournaises ardentes étincelaient à la fois. La rivière sur laquelle King-te-ching est bâti, et qui forme un bassin d'une lieue de large, réflétait ces feux épars. J'aurais pu me croire pour un moment, sauf le bruit sifflant des *steam-engines* et le doux balancement de ma chaise à porteurs, sur le point d'entrer à Manchester ou à Birmingham. Mais ce n'est pas le fer qu'on travaille à King-te-ching; une matière plus fragile et plus élégante y sert de but à l'activité humaine. Ses manufactures, au nombre de cinq cents, fournissent la Chine entière de ces vases de terre cuite dont la perfection a si longtemps désolé nos imitateurs européens.

« La porcelaine (en chinois, *Tsé-Ki*) a tiré son nom de sa ressemblance avec un coquillage univalve (*porcella*), ainsi nommé lui-même

(1) C'est ainsi que s'exprime un remarquable, consciencieux, et *très-exact* ouvrage, publié sous le pseudonyme d'*Old-Nick*, avec ce titre : *La Chine ouverte*. L'auteur a dû avoir des notes venant d'un homme qui a vécu longtemps dans l'intimité des Chinois, et qui a été à même de bien voir. Pour notre compte, nous avons eu l'occasion de rencontrer dans l'un des principaux établissements en France des Pères de l'ordre de Jésus, un de ces jeunes néophytes (Chinois), de ces privilégiés que Dieu destine à la propagation de sa parole; il nous a affirmé que tous les détails de mœurs, de politique, de religion, contenus dans cet ouvrage, étaient de la plus grande exactitude.

parce que sa forme arrondie offrait quelque rapport avec l'embonpoint d'un jeune pourceau. Sa composition, longtemps problématique, est aujourd'hui connue dans tous ses procédés, grâce à la studieuse persévérance des missionnaires jésuites, et notamment du P. Déntrecolles, qui résida longtemps à King-te-ching. L'argile (*kao-lin*) et le silex (*pé-tun-tsé*) sont les principaux éléments à l'aide desquels cette substance se forme. On extrait le premier des rochers granitiques qui bordent le lac *Poyang*, en choisissant les endroits où la surface de la terre est rougeâtre et micacée. Le pé-tun-tsé, sorte de *granit quartzeux*, broyé dans un mortier à pilons, devient une sorte de pâte, et se vend en pains aux manufacturiers; ils l'emploient avec les cendres de fougère chargées d'alcali pour obtenir le poli vitré de la porcelaine. Le meilleur provient des environs de Hoeï-tcheou dans le Kiang-nan. Le hoa-chi (*pierre glissante*, espèce de smectite ou *pierre savonneuse*), et l'albâtre ou gypse (*chi-kao*), entrent aussi dans cette fabrication (1).

« La beauté de la porcelaine dépend de la proportion dans laquelle ces substances sont employées. Pour la première qualité, le kao-lin et le pé-tun-tsé s'amalgament à dose égale; pour la seconde, quatre parties de kao-lin répondent à six parties de pétun-tsé; enfin, pour la troisième et la plus commune, il est dans les proportions d'un à trois. Le hoa-chi s'emploie par préférence au kao-lin, il donne un grain plus fin et mieux disposé à recevoir la couleur, mais il coûte en revanche trois fois plus cher. Le chi-kao, qui sert à composer le vernis, se mêle à un ingrédient formé de chaux vive et de fougères brûlées ensemble.

« Peu de gens, parmi ceux qui portent négligemment à leurs lèvres une de ces frêles tasses appelées *coquilles d'œufs* à cause de leur transparente ténuité, peu de gens, disons-nous, savent par combien de mains elle a passé. Une vingtaine d'ouvriers l'avaient successivement préparée à la cuisson; plus de quarante autres l'ont perfectionnée ensuite pour la mettre en état d'être vendue. Nulle part *la division du travail* n'est poussée plus loin que dans le *céleste empire*; et le *bas prix des salaires*, résultat ordinaire d'un excès de population, y permet de multiplier à l'infini les *rouages vivants que la science mécanique a supprimés chez nous* comme trop coûteux. Ce système a ses inconvénients comme tout autre; en réduisant l'homme à l'état de pure machine, il arrête en lui l'essor des facultés intellectuelles. Par là s'explique l'infériorité des peintures déposées sur les vases chinois, non par un seul artiste, mais par une dizaine de manœuvres (*ho-apei*), payés comme tels: l'un ne sachant dessiner qu'une fleur, l'autre une pagode, le troisième une figure de femme ou de mandarin, etc. (1). Il ne faut

(1) Lorsque les Chinois veulent faire une porcelaine plus blanche et plus précieuse, ils substituent à la place du kao-lin une terre blanche qu'ils nomment *hoa-chi*: elle est glutineuse, et se rapproche en quelque sorte du savon. Le hoa-chi des Chinois est la même terre décrite dans l'*Histoire naturelle* de Pline, dans le *Traité des pierres* de Théophraste, dans Mathiole *sur Dioscoride* et dans la *Metalotheca* de Mercati, sous le nom de *terre cimolée*, ainsi appelée parce que les anciens la tiraient de l'île de Cimole dans l'Archipel, d'où ils la faisaient venir principalement pour dégraisser leurs étoffes. — *Voy.* l'article SAVON.

Cette graisse, qui n'est attaquable par aucune acide, est une argile très-blanche et très-pure; exposée seule sous le four d'une faïencerie, elle commence à prendre une fusion portée à un tel degré que l'on pourrait en faire des vases. Il faut la séparer d'une terre rouge de la même espèce, que Pline appelle *cimolia purpurascens*, qui se trouve toujours dans son voisinage, et de quelques parties jaunâtres, qui se trouvent mélangées avec elle. Plus cette terre est sèche, plus elle devient blanche; elle contient très-peu de sable, et lorsqu'elle est bien sèche et qu'on la met dans l'eau, elle y produit un petit sifflement approchant de celui de la chaux. Lorsque la *terre cimolée* de Pline est sèche, elle s'attache fortement à la langue, et elle emporte parfaitement les taches sur les étoffes, lorsqu'après l'avoir délayée dans l'eau et l'avoir appliquée sur l'étoffe, on vient à frotter celle-ci alors qu'elle est sèche. — Voy. *Encyc. Méth.* (ARTS ET MÉTIERS), t. VI.

(1) Nous ne serons pas ici entièrement de l'avis du pseudonyme *Old-Nick*: la division du travail en un grand nombre de mains rend ce même travail à la fois plus rapide et plus perfectible (exemple: les fabriques d'horlogerie de la Chaux-de-Fonds, de Besançon, etc., etc.); elle donne à une plus grande masse la possibilité de se procurer les moyens alimentaires, c'est-à-dire, de pourvoir d'abord à ce que l'on appelle les premiers besoins. Quant à l'introduction des machines, comme agents producteurs, dans l'industrie, elle a pu, dans un pays populeux, se présenter dès l'abord comme une plaie; mais de cette plaie, qui n'est qu'apparente, n'a-t-il pas dû résulter un grand bien, *le retour à la terre*, cette mère nourricière, en laquelle se trouvent toutes richesses vraies et solides, qui rend toujours plus qu'on ne lui donne, d'une masse de ses enfants que la spéculation et l'espoir souvent trompeur du gain avaient arrachés au sol qui les avait vus naître? — Nous ne pensons pas que, par le *fait seul* de la division du travail en Chine, l'homme ait été réduit à *l'état de pure machine*, ainsi que le dit notre auteur. Il nous semble plutôt qu'il manque à ces *masses ouvrières*, intelligentes et patientes une direction que la *civilisation chrétienne* saurait seule leur donner. Nous ne voudrions d'autres preuves à l'appui de notre assertion que tout ce qu'ont pu produire dans les arts de simple fabrique ou d'ornementation, et dans les parties sublimes qui touchent aux sciences, ces laborieux *ouvriers*, ces *maîtres des œuvres* du moyen âge chrétien, dont grand nombre se sont mis à la tête de la voie civilisatrice et ascendante de l'Occident. La liste de ces *grands trouveurs*, le martyrologe de ces *sublimes ouvriers*, seraient trop longs pour pouvoir prendre place dans cette note. Nous renverrons les lecteurs, non-seulement aux ouvrages spéciaux, qui traitent de chaque science, de chaque art, mais encore à ceux qui ont relaté les plus minimes inventions qui ont pu être utiles à l'humanité. — Le génie prend sa place partout et surgit même des régions les plus infimes; mais pour développer son germe il faut *une pensée*, une foi. Ces seuls mots peuvent expliquer, nous le croyons du moins, cet état d'apathie, de stagnation intellectuelle dans lequel sont tombés les peuples de l'extrême Orient, depuis que s'est retirée d'eux la lumière. Ils nous devancèrent dans la science, ils

donc pas s'étonner que, loin de progresser, un art placé dans de telles conditions reste stationnaire, et tende même à s'amoindrir. C'est ce qui arrive en Chine, où les porcelaines antiques ont une valeur très-supérieure à celles qui se fabriquent aujourd'hui. Une telle préférence ne pouvait manquer d'engendrer certaines fraudes commerciales, fort usitées partout où le cachet des ans ajoute à la valeur de certains objets. Chaque année on enfouit une bonne quantité de porcelaines neuves, qui sortent de terre au bout de quelque temps avec tous les signes et tout le prix de la vétusté. Ces *kou-tong*, comme on les appelle, se font avec une terre jaunâtre qui leur donne une couleur vert de mer. Après la première cuisson, on les jette dans un bouillon très-gras dont elles s'imprègnent, et leur séjour de quelques mois au sein d'un étang bourbeux complète la contrefaçon. Elles ont encore ceci de commun avec les véritables antiques, qu'elles ne résonnent point sous la main qui les frappe.

« L'histoire de presque tous les arts a ses traditions merveilleuses, et dans les *Annales de King-Te-Ching*, qui forment quatre gros volumes, on en trouve beaucoup de cette sorte. Ainsi l'on raconte qu'un marchand de porcelaine, naufragé sur une côte déserte, où il errait tandis que ses compagnons s'occupaient à radouber les débris de leur navire, trouva, parmi les cailloux du rivage, une énorme quantité de pierres d'azur, qu'il jugea propres à la peinture du *tse-ki*, et dont il rapporta une grosse charge. *Jamais*, ajoute la chronique, *on ne s'était servi d'un bleu plus pur et plus beau; mais ensuite, le même marchand et bien d'autres recherchèrent en vain la côte où les avait jetés le hasard des tempêtes ;* on ne l'a jamais retrouvée.

« On dit aussi qu'autrefois un empereur chinois voulut exécuter des porcelaines sur un modèle extraordinaire dont il avait conçu l'idée. Vainement lui écrivit-on qu'il demandait l'impossible ; ce mot n'est jamais pris à la lettre par le *fils du ciel* (1). Il arriva donc de Pékin des ordres plus pressants et plus rigoureux ; les mandarins effrayés redoublèrent de soins, et, par des sévérités inouïes, ils cherchèrent à aiguillonner le zèle des ouvriers. Les choses allèrent si loin, continue la chronique, qu'un de ces derniers, au désespoir, se précipita dans le fourneau allumé devant lui, et y fut consumé à l'instant même. Ce coup de tête eut pour résultat la solution du *problème impérial*, car la porcelaine qui cuisait dans ce fourneau en sortit parfaitement réussie. L'empereur satisfait n'insista point pour qu'on renouvelât l'épreuve, et l'on décerna au défunt les honneurs célestes : il est encore aujourd'hui le *dieu de la porcelaine*. »

Nous avons parlé du P. Dentrecolles : ce missionnaire avait une église à King-te-ching; parmi les ouvriers de ses fabriques il comptait de nombreux fidèles. C'est d'eux qu'il a tiré des connaissances exactes de toutes les parties qui constituent *la fabrique* de la porcelaine ; lui-même a suivi tous les détails de la fabrication ; il a consulté, étudié les livres chinois ; nous ne saurions donc mieux faire que d'exposer, d'après ce missionnaire, au risque de nous répéter, et l'historique de ces belles productions, et les procédés mis en usage par les peuples que nous pourrions en quelque sorte appeler, quelque barbare que puisse paraître notre épithète, les inventeurs ou *indigènes* de la porcelaine.

« On a cherché inutilement, dit le P. Dentrecolles, quel est celui qui a inventé la porcelaine. Les annales n'en parlent point, et ne disent pas même à quelle tentative, ni à quel hasard on est redevable de cette invention. Elles disent seulement que la porcelaine était anciennement d'un blanc exquis, et n'avait nul défaut ; que les ouvrages qu'on en faisait, et qui se transportaient dans les autres royaumes, ne s'appelaient pas autrement que les bijoux précieux de *Ja-tcheon*, plus bas, on ajoute : La belle porcelaine, qui est d'un blanc vif et éclatant, et d'un beau bleu céleste, sort toute de *King-te-ching*. Il s'en fait dans d'autres endroits, mais elle est bien différente, soit pour la couleur, soit pour la finesse. En effet, sans parler des ouvrages de poterie qu'on fait par toute la Chine, auxquels on ne donne jamais le nom de porcelaine, il y a quelques provinces, comme celle de Canton et de Fokien, où l'on travaille en porcelaine ; mais les étrangers ne peuvent s'y méprendre : celle de Fokien est d'un blanc de neige qui n'a nul éclat, et qui n'est point mélangée de couleurs. Des ouvriers de *King-te-ching* y portèrent autrefois tous leurs matériaux, dans l'espérance d'y faire un gain considérable, à cause du grand commerce que les Européens faisaient alors à Amouy ; mais ce fut inutilement, ils ne purent jamais y réussir. L'empereur Cang-hi, qui ne voulait rien ignorer, fit conduire à Pékin des ouvriers en porcelaine, et tout ce qui s'emploie à ce travail. Ils n'oublièrent rien pour réussir sous les yeux du prince ; cependant on assure que leur ouvrage manqua (1). Il se peut faire que des raisons d'intérêt et de politique eussent part à ce peu de succès. Quoi qu'il en soit, c'est uniquement King-te-ching qui a l'honneur de donner de la porcelaine à toutes les parties du monde. Le Japon même vient en acheter à la Chine (2).

furent plus près que nous de la *Révélation*, mais ils furent comme ceux dont parle l'Ecriture : *Aures habent et non audient, oculos habent et non videbunt.*

(1) Un des plus que nombreux titres dont se pare l'empereur des Chinois.

(1) Ceci se rapporte à la *légende* que nous avons citée plus haut.

(2) Le Japon fabrique aussi de belles porcelaines, elles sont plus *vitreuses* et plus transparentes que celles de Chine, les dessins pour être plus riches, sont peut-être moins fins de trait.

« Tout ce qu'il y a à savoir sur la porcelaine, dit encore le P. Dentrecolles, se réduit à ce qui entre dans la composition et aux préparatifs qu'on y apporte ; aux différentes espèces de porcelaine, et à la manière de les former ; à l'huile qui lui donne de l'éclat (1), et à ses qualités ; aux couleurs qui en font l'ornement, et à l'art de les appliquer à la cuisson et aux mesures qui se prennent pour lui donner le degré de chaleur qui lui convient ; enfin, on finira par quelques réflexions sur la porcelaine ancienne, sur la moderne, et sur certaines choses qui rendent impraticables aux Chinois des ouvrages dont on a envoyé et dont on pourrait envoyer les dessins. Ces ouvrages, où il est impossible de réussir à la Chine, se feraient peut-être facilement en Europe, si l'on y trouvait les mêmes matériaux.

« Mais avant que de commencer, il est à propos de détromper ceux qui croiraient peut-être que le nom de *porcelaine* vient d'un mot chinois. A la vérité, il y a des mots, quoique en petit nombre, qui sont français et chinois tout ensemble ; ce que nous appelons *thé*, par exemple, a pareillement le nom de *thé* dans la province de Fokien, quoiqu'il s'appelle *tcha* dans la langue mandarine ; mais pour ce qui est du nom de porcelaine, c'est si peu un mot chinois, qu'aucune des syllabes qui le composent ne peut ni être prononcée, ni être écrite par des Chinois, ces sons ne se trouvant point dans leur langue. Il y a apparence que c'est des Portugais qu'on a pris ce nom, quoique parmi eux *porcelena* signifie proprement une tasse ou une écuelle, et que *loca* soit le nom qu'ils donnent généralement à tous les ouvrages que nous nommons porcelaine. Les Chinois l'appellent communément *tsé-ki*. (Nous avons vu plus haut la véritable origine de cette appellation.)

« La matière de la porcelaine se compose de deux sortes de terres, l'une appelée *pé-tun-tsé*, et l'autre qu'on nomme *kao-lin :* celle-ci est parsemée de corpuscules qui ont quelque éclat, l'autre est simplement blanche et très-fine au toucher. En même temps qu'un grand nombre de grosses barques remontent la rivière de Jao-theon à King-te-ching pour se charger de porcelaine, il en descend de Ki-muen presque autant de petites, qui sont chargées de pé-tun-tsé et de ka-olin réduits en forme de briques ; car King-te-ching ne produit aucun des matériaux propres à la porcelaine. Les pé-tun-tsé, dont le grain est si fin, ne sont autre chose que des quartiers de rochers qu'on tire des carrières, et auxquels on donne cette forme. Toute sorte de pierre n'est pas propre à former le pé-tun-tsé, autrement il serait inutile d'en aller chercher à vingt ou trente lieues dans la province voisine. La bonne pierre, disent les Chinois, doit tirer un peu sur le vert. »

(1) Le P. Dentrecolles parle ici de la *couverte* ou du *vernis émaillé*.

Nous terminons ici le récit du P. Dentrecolles, nous lui ferons plus tard de nouveaux emprunts. Nous allons suivre maintenant l'*Encyclopédie méthodique*, et donner avec elle le classement des diverses espèces de porcelaines.

« Quoique le nombre des manufactures de porcelaine se soit actuellement fort multiplié, et que chacune de ces manufactures emploie des matières différentes dont elle fait mystère, et qu'elle regarde comme un secret qui lui est particulier, on peut cependant réduire la porcelaine en général à deux espèces, savoir : la *porcelaine des Indes*, et sous ce nom on comprend celle qui se fait à la Chine et au Japon ; la seconde espèce peut être appelée *porcelaine d'Europe*, et sous ce nom on comprend toutes les différentes manufactures qui s'en sont établies en Europe. Quoique ces deux espèces de porcelaine paraissent se ressembler au premier coup d'œil, et être toutes une espèce de demi-vitrification, on fera voir qu'elles diffèrent beaucoup quant aux matières dont elles sont composées, et quant aux qualités qu'elles renferment.

« La porcelaine des Indes et la porcelaine d'Europe peuvent être regardées toutes deux comme une espèce de demi-vitrification, mais avec la différence que la demi-vitrification de la porcelaine d'Europe peut être rendue complète, c'est-à-dire qu'elle peut devenir totalement verre, si on lui donne un feu plus violent ou qui soit continué plus longtemps ; au lieu que la porcelaine des Indes, une fois portée à son degré de cuisson, ne peut plus, par la durée du même feu et même d'un feu plus violent, être poussée à un plus grand degré de vitrification. L'usage que l'on en a fait en l'employant pour servir de support aux matières que l'on a exposées aux feu des miroirs ardents les plus forts, est une preuve qui paraît ne rien laisser à désirer là-dessus.

« Nous n'entrerons point ici dans le détail des différentes matières dont on se sert pour faire la porcelaine en Europe : chaque manufacture a la sienne, et en fait un grand secret ; tout ce que l'on sait en général, c'est que la base ordinaire des porcelaines d'Europe est une *fritte* (1). (Nous donnerons plus loin quelques-uns des procédés employés par la science moderne.) Cette fritte est une composition pareille à celle dont on se sert pour faire le verre et le cristal : c'est un mélange d'alcali fixe (on emploie ordinairement la potasse) et de pierres vitrifiables calcinées, comme pierres à fusil, sable blanc, etc. On expose ce mélange sous le four qui sert à cuire la porcelaine, afin que les matières grasses qu'il peut contenir se brûlent, ce qui le purifie, et qu'il y prenne un commencement de vitrification. Comme cette manipulation est la même que l'on observe pour faire le verre et le cristal, il n'est pas douteux que cette matière n'en produise de fort

(1) La *fritte* est une matière fondante, composée de sable siliceux, de soude et de nitre.

beau et de fort transparent, si l'on venait à la pousser davantage au feu : mais comme il ne faut qu'une demi-vitrification pour faire la porcelaine, et que cette composition, qui est friable, ne pourrait ni se mouler ni se travailler au tour, on la mêle, après l'avoir purifiée, avec une terre gluante qui retarde la vitrification et la rend en même temps susceptible de pouvoir être travaillée. C'est dans le choix de cette terre que consiste la grande difficulté de la manipulation des porcelaines d'Europe ; c'est aussi dans le choix de cette terre que consiste le secret des différentes manufactures.

« Il faut que cette terre soit gluante pour qu'on la puisse travailler; il faut aussi qu'elle soit blanche après avoir passé par le feu, sans quoi la porcelaine qui en serait faite ne serait pas blanche, qualité essentielle surtout à ceux qui mettent dessus une couverte ou vernis transparent. Si on mêle cette terre avec la fritte en trop petite dose, la fritte, étant une poudre de verre, diminue l'agrégation de la terre, et produit une pâte courte qui n'a point assez de liaison pour pouvoir être travaillée. Si, au contraire, on emploie la terre en trop grande dose, la pâte, à la vérité, se travaille bien ; mais comme il n'y a point assez de fritte pour lier ensemble toutes les parties de la terre grasse, les ouvrages, après la cuisson, se mettent en pièces et cassent aussitôt qu'on y touche. On peut conclure de ce que l'on vient de voir, que la meilleure terre pour la porcelaine d'Europe, que l'on nommera *porcelaine à fritte*, est celle qui, en admettant la plus grande quantité de fritte, en se fondant avec au feu, fait une pâte qui peut être travaillée plus facilement. Il y a même des manufactures où l'on est obligé de rendre gommeuse ou visqueuse l'eau avec laquelle on forme la pâte. Cette terre, dans la plus grande partie des manufactures. est calcaire ; ce n'est pas que l'argile n'y soit aussi propre, et peut-être meilleure ; mais on trouve difficilement de l'argile blanche et qui reste telle au feu. D'ailleurs, il y a des terres calcaires colorées naturellement, qui blanchissent au feu, au lieu que dans les argiles la moindre couleur, au lieu d'être emportée par le feu, ne fait qu'y devenir plus foncée. Ce qui doit faire conjecturer que les métaux attachés à une pierre calcaire sont plus aisément emportés par le feu que ceux qui se trouvent dans l'argile, pour que l'argile seule entre en fusion, ce que ne fait pas la pierre calcaire seule.

« On juge aisément, par tout ce que l'on vient de lire touchant la nature des matières qui composent la porcelaine d'Europe, de tous les inconvénients auxquels elle doit être sujette. La fritte, qui est la matière même avec laquelle on fait le verre, entrant dans la composition communément pour les deux tiers, pour peu que le feu soit trop violent ou continue trop longtemps, la vitrification s'achève. Il faut donc saisir le moment où la vitrification est à moitié faite, pour cesser le feu. Comment peut-on espérer que l'on obtiendra ce degré de feu, distribué également dans toute la capacité du fourneau, que les pièces les plus épaisses auront été assez échauffées, et que les plus minces ne l'auront pas été trop? Il arrive très-souvent que le feu agit avec plus de force dans certaines parties du fourneau que dans les autres ; la fusion de la porcelaine ou plutôt d'un vase est par là plus accélérée dans une de ses parties que dans les autres. et le vase se trouve nécessairement déformé. Cet accident est si ordinaire, que l'on ne manque jamais d'ajuster aux gobelets, avant de les exposer au four, un couvercle qui, embrassant extérieurement le cercle du gobelet, le contient dans sa rondeur. Comme ce couvercle doit être de la même pâte que le gobelet, et qu'il ne sert qu'une fois, cela fait une partie de la matière en pure perte.

« On est obligé de mettre des supports aux pièces où il se trouve des parties détachées qui avancent, pour les ôter après la cuisson, Il ne doit donc pas paraître étonnant que l'on trouve dans cette porcelaine un aussi grand nombre de pièces défectueuses et déformées, et qu'il se trouve beaucoup de morceaux qu'il ne soit pas possible d'exécuter. On voit par la cassure de cette porcelaine, qui est lisse comme celle du verre, et point grenée, que ce n'est, à proprement parler, qu'un verre rendu opaque par une terre grasse.

« La porcelaine de Saxe mérite cependant une exception parmi les porcelaines d'Europe. On soupçonne qu'elle est composée d'une terre grasse, mêlée avec du spath fusible calciné. Le spath fusible vitrifie avec une grande facilité toutes les pierres avec lesquelles on le mêle ; il ne s'est donc plus agi, pour la porcelaine de Saxe, que de chercher la dose de spath fusible propre à ne produire que la demi-vitrification qui constitue la porcelaine, et cette dose s'étant trouvée beaucoup plus petite que celle de la fritte qu'on est obligé d'employer vis-à-vis de la terre grasse dans les autres porcelaines d'Europe dont on vient de parler, et se liant d'ailleurs plus aisément, il en est résulté une pâte plus facile à travailler, et sujette à moins d'accidents. En un mot, dans les porcelaines à fritte, la terre grasse mêlée avec de la fritte fait une porcelaine, quand on saisit la matière à moitié vitrifiée ; et dans la porcelaine de Saxe, le spath met en fusion, vitrifie la terre grasse et fait une porcelaine, lorsqu'on n'a mis que la quantité nécessaire de spath pour vitrifier la terre grasse à moitié.

« Il faut convenir que la porcelaine de Saxe est fort au-dessus de toutes les autres porcelaines d'Europe, dont la fritte fait la plus grande partie de la composition ; elle se vitrifie beaucoup plus difficilement, puisque l'on peut faire fondre un gobelet de porcelaine à fritte dans un gobelet de porcelaine de Saxe, sans que ce dernier en soit endommagé. Comme il n'entre point de sels dans sa composition comme dans celle de la fritte, le passage à l'entière vitrification est

beaucoup plus difficile et plus long que dans la porcelaine à fritte, dont la facilité des sels à se mettre en fusion fait un passage plus prompt de la demi-vitrification à la vitrification entière. Par conséquent, les pièces qui auront plus d'épaisseur se trouveront suffisamment cuites, sans que les pièces plus minces aient passé à la vitrification, et les ouvrages dans lesquels il se trouve des endroits minces et d'autres plus épais ne seront point déformés; ce qui rend cette porcelaine moins sujette à produire des pièces de rebut, et plus propre à exécuter des ouvrages délicats que la porcelaine à fritte.

« On a exposé de la porcelaine de Saxe à côté de la porcelaine de Chine au feu le plus violent pendant deux fois vingt-quatre heures; les deux terres ont également résisté à la fusion, et leurs cassures n'en ont paru que plus blanches et plus belles; mais la couverte de la porcelaine de Chine a coulé en une espèce de verre vert, tandis que celle de la porcelaine de Saxe est seulement devenue plus acide, et n'en est pas restée moins blanche. Dans l'une et l'autre porcelaine, les couleurs qui étaient sur la couverte ont été détruites, et celles qui étaient dessous ont été endommagées.

« La porcelaine des Indes n'est par sa nature sujette à aucun des inconvénients de la porcelaine d'Europe; on a vu que dans cette dernière son principal défaut se trouvait plus grand à proportion qu'elle avait plus de facilité à être poussée à l'entière vitrification. Celle des Indes ne peut pas, pour ainsi dire, être poussée jusqu'à ce point, puisqu'on l'a employée à servir de support aux matières les plus difficiles à fondre que l'on a exposées aux miroirs ardents les plus forts. Il n'entre que deux, ou tout au plus trois matières différentes dans sa composition dans laquelle les verres et par conséquent les sels ne sont pour rien; chacune des manufactures d'Europe fait un grand secret des matières qu'elle emploie pour la porcelaine; il n'y a que celle des Indes qui n'en soit point un.

« Le P. Dentrecolles a donné une description très-ample des matières qui la composent et de leurs manipulations, dans le recueil des *Lettres édifiantes :* cet auteur a depuis été copié dans la *Description de la Chine* du P. Duhalde; dans le *Dictionnaire du commerce*, dans l'*Histoire des voyages*, et dans le *Recueil d'observations curieuses :* il est donc inutile de répéter ici une chose qui a été dite tant de fois; on fera seulement quelques observations sur la nature des matières, et sur quelques points de manipulation que le P. Dentrecolles n'avait pas bien vus. En attendant on commence par assurer que quelque différence que l'on imagine entre le terroir des Indes et celui de l'Europe, on peut cependant trouver en ce pays-ci et dans beaucoup d'autres de cette partie du monde des matières qui, si elles ne sont pas absolument semblables à celles dont on fait la porcelaine dans les Indes, leur sont assez analogues pour qu'on soit certain d'en faire une qui aura les mêmes qualités, et sera pour le moins aussi belle.

« Le pé-tun-tsé et le kao-lin sont les deux matières dont on se sert pour faire la porcelaine des Indes. Le pé-tun-tsé est une pierre qui paraît d'abord avoir beaucoup de ressemblance avec plusieurs des pierres auxquelles nous donnons le nom de grès dans ce pays-ci, mais qui, quand on vient à en examiner la nature de près, se trouve fort différente. Le grès frappé avec l'acier donne beaucoup d'étincelles, le pé-tun-tsé n'en donne que difficilement quelques-unes : deux morceaux de grès frottés l'un contre l'autre dans l'obscurité ne laissent point de traces de lumière; le pé-tun-tsé, au contraire, laisse en pareil cas, une trace de lumière phosphorique, à peu près comme deux morceaux de spath fusible frottés de la même manière. Le grès mis en poudre assemblé dans un petit tas humecté et placé sous le four d'une faïencerie, ne fait point corps, et reste friable; le pé-tun-tsé traité de la même manière, se lie et prend un commencement de fusion. Le grain du pé-tun-tsé paraît plus fin et plus lié que celui du grès, de façon qu'il représente une espèce d'argile spathique pétrifiée. Si nous joignons à ces qualités celle de n'être soluble dans aucun acide, pas même après avoir passé au feu, nous serons assurés d'avoir un véritable pé-tun-tsé.

« Le kaolin est une terre blanche remplie de morceaux plus ou moins gros d'un sable vitrifiable et parsemée d'une grande quantité de paillettes brillantes qui sont un véritable talc; elle paraît être un détritus d'un de ces grains talqueux et brillants, dans lequel la terre blanche qui lie les grains de sable gris aurait abondé en très-grande quantité. Comme, suivant la manipulation des Chinois, on jette le kaolin tel qu'il est dans des cuves pleines d'eau, et qu'après l'avoir un peu laissé reposer, on ne prend que l'eau qui surnage, on voit aisément que le sable vitrifiable tombe au fond, et que par conséquent il n'entre point dans le kaolin préparé, qui ne reste composé que de la terre blanche et du talc; l'un et l'autre paraissent insolubles dans les acides. Il est difficile de croire, comme quelqu'un l'a avancé, que la terre blanche ne soit que le talc plus affiné; quelque soin que l'on prenne à broyer le talc avec de l'eau, il ne produira jamais une matière gluante comme la terre blanche; il faut donc regarder cette terre blanche comme une véritable argile dont le gluten est nécessaire pour lier le pé-tun-tsé qui n'en a point, et rendre la pâte susceptible d'être travaillée. Il est vrai que dans le kaolin en pain et tout préparé pour le mêler avec le pé-tun-tsé, tel que les Chinois le travaillent, on voit encore beaucoup de paillettes talqueuses, mais on doit se souvenir que dans les expériences de la lithogéognosie de Pott, le mélange du talc avec l'argile et la pierre vitrifiable en accélère la fusion.

« On emploie le hoa-chi des Chinois, dont

nous avons parlé au commencement de cet article, à la place du kaolin, en le joignant au pé-tun-tsé lorsqu'on veut obtenir une porcelaine plus blanche et plus fine ; sa préparation est bien décrite dans la relation du P. Dentrecolles : il ne prescrit pas exactement les doses, parce que cette terre étant très-gluante, on est le maître d'en mettre moins, et la pâte se travaille toujours très-aisément ; on croit cependant que la dose de parties égales est ce qui réussit le mieux. Pour ce qui regarde les manipulations que les Chinois emploient pour former une pâte, soit du pé-tun-tsé et du kaolin, soit du petun-tsé et du hoa-chi, ou terre *cimolée*, toutes celles qui sont décrites dans les *Lettres* du P. Dentrecolles sont très-vraies et fort exactes, si l'on en excepte pourtant ce que le P. Dentrecolles dit de la *crème* qu'il prétend se former sur la surface de l'eau dans laquelle on a délayé les matières : il est certain qu'il ne se forme point à la surface de cette eau une crème qui ait une épaisseur très-apparente. Le P. Dentrecolles, voyant que les ouvriers ne prenaient pas la surface de cette eau, a conjecturé l'existence de la crème sans l'avoir bien examinée. Cette opération ne se fait que pour avoir les parties les plus subtiles de chaque matière, qui n'ayant pas encore eu le temps, à cause de leur extrême finesse, de se précipiter au fond, se trouvent enlevées avec l'eau qui est à leur surface. Ce qu'il dit ensuite confirme cette opinion. Il assure que les ouvriers, après avoir enlevé la première surface de l'eau, agitent la matière avec une pelle de fer pour reprendre un moment après la surface de l'eau, comme ils avaient fait la première fois. Comment pourrait-on imaginer qu'une matière de cette espèce, qui n'est point dissoluble dans l'eau, pût reproduire la seconde fois une crème à la surface. Il faut même avoir attention, après avoir agité la matière et l'eau, de ne pas attendre trop longtemps à prendre la surface de l'eau, sans quoi on n'aurait rien ou presque rien. Quant à sa recommandation de conserver longtemps humides, avant d'en former des vases, les pains que l'on fait avec le mélange des matières, elle est de la plus grande utilité ; en effet, l'eau dont cette pâte est abreuvée se putréfie avec le temps, et contribue par là à affiner et mieux disposer les matières à se joindre. C'est par cette raison que l'on recommande de conserver les pains formés avec la pâte dans des caves humides, et même de les couvrir de linges, sur lesquels on jette un peu d'eau de temps en temps : au bout de quelques semaines la putréfaction est telle que la pâte devient d'un vert bleuâtre. Ce qui paraît le plus embarrassant, c'est que le P. Dentrecolles fait entendre dans ses *Lettres* que la porcelaine des Chinois ne va au four qu'une seule fois, et que l'on met l'émail, autrement dit la couverte, sur les vases à cru, et avant qu'ils aient eu la moindre cuisson : cette manœuvre semble extraordinaire ; comment imaginer que des pièces aussi grandes que celles que l'on fait à la Chine puissent être trempées tout entières dans une composition qui doit avoir la consistance d'une purée ? Car il ne faut pas s'y tromper : pour que la couverte soit bien unie, il faut absolument que la pièce soit trempée dans la composition qui doit former la couverte, ou que cette composition soit versée sur la pièce.

« Lorsqu'on a voulu se servir du pinceau pour mettre la couverte, comme cela est arrivé sur des *magots de la Chine*, dont on voulait laisser plusieurs parties sans couverte, il a été bien difficile d'y distinguer les traits du pinceau, et la couverte n'y paraissait jamais bien unie.

« Quant à ce que dit le P. Dentrecolles du pied des tasses que l'on laisse massif, et qu'on ne met sur le tour pour le creuser qu'après avoir donné le vernis ou la couverte en dedans et en dehors, et l'avoir laissé sécher, voilà ce qu'il est difficile d'expliquer.

« On sent bien que les Chinois, en laissant le pied des tasses massif, se servent de ce pied pour coller avec de la pâte les tasses sur le tour toutes les fois qu'elles changent de main ; mais comment une tasse, lorsqu'elle est vernie et sèche, peut-elle être assez assujettie sur le tour pour que l'on puisse en creuser le pied avec un outil, sans que les points de contact qui assujettissent la tasse en dérangent le vernis ?

« Il paraît cependant constant dans plusieurs autres endroits de la relation du P. Dentrecolles, que le vernis est mis sur la porcelaine avant la cuisson, parce qu'il y est dit qu'on a fait pour l'empereur des ouvrages si fins et si délicats, qu'on était obligé de souffler le vernis dessus, parce qu'il n'avait pas été possible de les plonger dedans sans s'exposer à les rompre, et qu'on les mettait sur du coton. Il est certain que quelque minces que fussent ces ouvrages, on n'aurait pas été exposé à cette crainte, s'ils avaient eu une première cuisson.

« Le même auteur, parlant d'une espèce de porcelaines colorées qui se vendent à meilleur compte, dit qu'on fait cuire celles-là sans qu'elles aient été vernissées, par conséquent toutes blanches et n'ayant aucun lustre. Il ajoute qu'on les colore après la cuisson en les plongeant dans un vase où la couleur est préparée, et qu'on les remet de nouveau au fourneau, mais dans un endroit où le feu a moins d'activité, parce qu'un grand feu anéantirait les couleurs. Puisque le P. Dentrecolles fait une distinction de cette espèce de porcelaine avec l'autre, il en faut conclure qu'il a bien vu que les Chinois mettaient leur vernis sur la porcelaine avant qu'elle eût été cuite, et que tout se trouvait achevé au fourneau par une seule et même cuisson. Si la porcelaine ordinaire des Chinois avait eu besoin d'aller deux fois au feu, il n'aurait pas manqué de le dire, comme il l'a fait au sujet de cette dernière. Quant à la difficulté de vernisser les grandes pièces, on voit que les Chinois ont donné plus d'épaisseur à proportion de la grandeur de leurs vases, et que lorsqu'ils ont

voulu appliquer le vernis à des vases qu'ils avaient tenus très-minces, ils ont eu, suivant le P. Dentrecolles, la précaution de donner deux couches, en attendant, pour donner la seconde, que la première fût sèche. Le besoin des deux couches suppose que dans ce cas le vernis était trop liquide pour qu'une seule pût être suffisante ; ce qui prouve que le vernis trop épais expose les pièces minces à se casser quand on le leur donne, et que par conséquent ces pièces n'avaient point été cuites.

« Pour ce qui est de l'inconvénient de toucher aux pièces déjà vernissées, il paraît que l'on peut moins gâter le vernis lorsqu'il a été donné à une pièce qui n'a point été cuite, que lorsqu'il a été appliqué sur une pièce qui a eu la cuisson ; dans le premier cas le vernis pénètre un peu sur la surface de la pièce, et dans l'autre il n'y pénètre point du tout ; ce qui le rend plus facile à être enlevé.

« Il paraît donc constant que les Chinois donnent leur vernis à leur porcelaine avant qu'elle ait passé au feu des fourneaux, ce qui la rend à meilleur marché, puisqu'il en coûte de moins le bois qu'on emploierait à la cuisson de la couverte. Mais comment cette porcelaine peut-elle être plongée dans le vernis sans se rompre ? Il faut se souvenir que le P. Dentrecolles dit que le premier ouvrier forme la tasse sur la roue en élevant le morceau de pâte destiné à la faire, comme nous le pratiquons ; que cette tasse passe à un autre ouvrier qui l'assied sur sa base, c'est-à-dire, qu'il façonne son pied de la grosseur qu'il doit avoir, sans cependant le creuser, afin que ce pied massif serve à attacher sur le tour la tasse avec de la pâte, lorsque la tasse passe aux autres ouvriers ; le troisième ouvrier reçoit alors la tasse et la met sur un moule qui est une espèce de tour ; il presse sur le moule également de tous les côtés ; il faut que ce soit le moule et la pression que l'on fait de la pâte par son moyen, qui contribue à rendre les parois de la tasse assez fortes pour, lorsqu'elle est sèche, résister à l'impression qu'y cause le vernis ; d'ailleurs on commence à donner le vernis dans le dedans de la tasse, et on le laisse sécher avant que de l'appliquer en dehors ; la couche de vernis du dedans étant sèche, fait une épaisseur de plus qui permet à la tasse de supporter la couche du dehors.

« L'opération du creusement du pied, après que la tasse a eu tout son vernis, se comprend difficilement ; cela ne peut pas s'exécuter en renversant la tasse sur le tour ; comment y assujettir la tasse sans gâter le vernis, et comment préserver le vernis de la poussière que le travail de l'outil y répandrait ? Il est plus vraisemblable d'imaginer que le pied se creuse en tenant la tasse dans sa situation naturelle, collée sur le tour par un morceau de pâte qui élève le pied, et donne le moyen de le creuser en dessous avec un outil crochu.

« Puisqu'on connaît en Europe des matières de la même qualité que celles qu'emploient les Chinois pour faire leur porcelaine, on connaîtra aussi celles qui sont décrites par le P. Dentrecolles, pour en faire le vernis. Il n'y a qu'une matière que les Chinois nomment du *ché-kao*, qui pourrait embarrasser ; mais on trouve ce minéral, que les uns ont cru mal à propos être du *borax*, et les autres de l'*alun*, très-bien décrit dans le manuscrit du médecin chinois, que nous avons déjà cité.

« Le médecin chinois dit que le *ché-kao* est blanc et brillant, qu'il est friable, et que, quand on le fait passer par le feu, il se réduit aisément en un sel blanc, fin et brillant, mais qui tient un peu du verre, et où on remarque de petites lignes longues et fines comme des filets de soie : il ajoute qu'il se trouve en morceaux avec des raies droites et des espèces de côtes blanches et dures comme des dents de cheval ; quand on le frappe, il se rompt aisément en diverses pièces, mais en travers ; il a différentes lames qui se séparent facilement et qui sont brillantes; mais ce brillant se perd à la calcination.

« Il y en a de parfaitement semblable aux environs de Toulouse, et comme on a vu que ce n'est qu'un beau gyps, il y a lieu de croire que l'on pourrait employer pour le même effet avec succès tous les gyps transparents (1). Ce minéral calciné sert à rendre le vernis des Chinois plus épais ; et, conjointement avec la chaux, il sert aussi à le rendre un peu opaque et blanc, lorsque le feu l'a mis en fusion ; car en regardant le pied de toutes les porcelaines de la Chine dont on a ôté le vernis pour qu'elles ne s'attachent point par là dans la cuisson, il n'y a personne qui ne voie clairement que la couverte de la porcelaine de la Chine doit être un peu opaque et blanche, pour cacher entièrement à la vue la terre qui n'est pas de la première blancheur. On a cependant grand soin, lorsque les ouvrages ont été peints sur le cru, comme les bleus, de ne point rendre la couverte assez opaque pour qu'on ne puisse pas voir les couleurs au travers. Il ne faut point que l'on fasse cuire la porcelaine tout à fait avant de la mettre en couverte ; il serait même beaucoup mieux de lui donner la couverte à cru ; mais comme les pièces qui n'ont pas beaucoup d'épaisseur sont su-

(1) A l'appui de ce fait, ainsi que pour confirmer ce qui a été dit précédemment sur l'existence en France des matières analogues à celles employées par les Chinois dans la composition de leurs porcelaines, nous citerons les deux formules suivantes dues, dès l'année 1812, à M. Despret fils :

Composition de la pâte :

Sable de Nevers.	108 livres.
Quartz très-blanc	18
Argile blanche de Limoges décantée.	25 1/2
Terre de Dreux.	43

Composition de l'émail :

Sable de Nevers.	25 liv.
Terre du sable de Nevers.	25
blanc d'Espagne.	25
Quartz blanc.	25

jettes à casser lorsqu'on les plonge dans la couverte, on peut faire passer ces pièces au four, et les en retirer aussitôt qu'elles ont été simplement rougies; on donne ensuite deux fois vingt quatre heures de cuisson pour la pâte et la couverte. Cette couverte des Chinois est analogue à leur pâte, puisque le pe-ten-tsé, qui en est une des principales matières, y entre pour beaucoup; il n'y a, pour ainsi dire, de différence que dans la vitrification, qui, au moyen du sel de la fougère, se fait dans la couverte, et n'est point dans le corps de la porcelaine. Comme elle est appliquée avant que la porcelaine soit cuite, elle en pénètre un peu la surface; et la cuisson étant la même, elle s'y trouve jointe plus parfaitement que si elle avait été mise après une première cuisson de la porcelaine : la différence est visible lorsqu'on examine avec une loupe la cassure des porcelaines de la Chine et celle des porcelaines d'Europe. Il faut surtout bien se garder de chercher à employer une couverte qui ait déjà été vitrifiée. On doit regarder comme un principe, que la vitrification de la couverte doit se faire sur la pièce même; il est aisé de composer un verre opaque et très-blanc, mais quelque soin que l'on se donne pour broyer ce verre, il ne s'étendra jamais aussi bien et ne se joindra point aussi intimement à la porcelaine qu'une composition qui formera la vitrification opaque et blanche sur la porcelaine même.

« On n'emploie ordinairement sur les porcelaines à fritte que l'on fait en Europe, que des couvertes faites avec une composition qui a déjà été vitrifiée; il n'est pas étonnant qu'elles y réussissent; la pâte dont elles sont composées contenant deux huitièmes de fritte, qui est la matière du verre, se trouve tout à fait analogue avec ces couvertes, et s'y joint très-bien, au lieu que la pâte de la porcelaine de la Chine est trop éloignée de la vitrification pour se joindre à une matière qui n'est purement qu'un verre. L'expérience s'est trouvée conforme à ce raisonnement toutes les fois qu'on a voulu tenter de mettre les couvertes d'Europe sur la porcelaine faite à la manière des Chinois. On a vu que les degrés de bonté de la pâte d'une porcelaine doivent se mesurer à la difficulté que l'on rencontrerait à la faire passer à l'entière vitrification; on en doit conclure que celle que l'on fait aux Indes doit l'emporter sur toutes celles d'Europe, puisque l'on peut faire fondre un gobelet de porcelaine à fritte dans un gobelet de Saxe et dans un gobelet de porcelaine des Indes. Il est vrai que la porcelaine des Indes demande, pour être portée à son entière cuisson, un degré de feu beaucoup plus grand que les autres porcelaines; mais comme on n'est obligé de l'y mettre qu'une seule fois, il n'en coûte pas plus de bois pour la cuire que pour la porcelaine d'Europe, que l'on met deux fois au feu.

« Au reste, si l'on veut se donner la peine d'étudier et de suivre les manipulations décrites par le P. Dentrecolles, on est assuré de faire de la porcelaine qui aura les mêmes qualités que celle que l'on fait dans les Indes, et pourra se donner à meilleur compte que toutes celles que l'on fabrique en Europe. On croit cependant qu'il ne sera pas inutile de faire attention à l'eau que l'on emploie dans les manipulations. Le P. Dentrecolles dit que les mêmes ouvriers qui la font à King-te-ching, n'en ont pas pu faire de pareille à Péking; il attribue ce manque de succès à la différence des eaux, et il pourrait bien avoir raison. On a vu qu'il fallait garder la pâte liquide pendant un certain temps après l'avoir faite, et qu'elle entrait en fermentation : tout le monde sait que la différence des eaux produit des effets singuliers lorsqu'il s'agit de fermentation, comme il est aisé de le voir dans la bière, les teintures, etc.

« Pour ce qui est des peintures que l'on applique sur la porcelaine après qu'elle est faite, je crois que l'on peut se passer de prendre les Chinois pour modèles : les couleurs sont assez médiocres et en très-petit nombre; la céruse, ou quelque autre préparation de plomb, leur sert toujours de fondant. Le plomb se revivifie, c'est-à-dire reprend sa forme métallique fort aisément; alors il noircit et gâte les couleurs; ces couleurs s'étendent et font des traits qui ne sont ni déliés ni bien terminés. On voit bien que je ne parle ici que des couleurs qui se mettent sur la porcelaine après qu'elle a reçu son vernis et sa cuisson entière; car, pour celles que les Chinois mettent sur le cru, en appliquant le vernis par-dessus, il est impossible d'en former des dessins tant soit peu corrects. On croit donc qu'il vaut mieux abandonner tout à fait les couleurs dont se servent les Chinois, pour y substituer celles que l'on emploie pour peindre sur l'émail. Comme ces couleurs sont exposées à supporter un feu très-fort, on ne peut y employer que les matières dont la couleur ne peut être enlevée par la force du feu; il faut donc renoncer à toutes les couleurs tirées des végétaux et des animaux, pour s'en tenir uniquement à celles que peuvent fournir les terres et les pierres, qui conservent leur couleur après la calcination; mais comme celles-ci ne sont colorées que par le moyen des métaux, la chaux des métaux, ou, ce qui est la même chose, les métaux privés de leur phlogistique pour la calcination, fournissent la seule matière que l'on puisse employer avec succès, d'autant plus que les terres et les pierres donnent toujours des couleurs plus ternes et plus sales, à cause de la grande quantité des terres qu'elles contiennent. On trouvera ces manipulations décrites fort au long dans un *Traité de la peinture en émail*. On peut être assuré que toutes les couleurs qui réussissent dans cette peinture réussiront également bien dans celle sur la porcelaine. On y verra que l'on a pour principes de ne point se servir de couleurs déjà vitrifiées, comme les verres colorés, les pains d'émaux, etc., et que l'on exclut pareillement toutes les compositions où il entre du plomb : les raisons que l'on y rap-

porte, pour bannir ces couleurs de la peinture en émail, subsistent également pour les exclure de la peinture sur la porcelaine; on y verra que l'étain donne les blancs pour éclaircir et rehausser toutes les autres couleurs; que l'or donne des pourpres, les gris de lin, les violets et les bruns; que l'on tire du fer les vermillons, les marrons, les olives et les bruns; que le cobalt fournit les bleus et les gris; que le jaune de Naples donne le jaune; que le mélange du blanc et du rouge fait les couleurs de rose; que le mélange du bleu et du jaune fait tous les verts; et, enfin, que le mélange du bleu, du rouge et du jaune fait toutes les trois couleurs. On voit par là que l'on est en état de peindre sur la porcelaine avec une palette garnie d'un aussi grand nombre de couleurs que celle du peintre à l'huile.—*Voy*. PEINTURE SUR ÉMAIL.

« Il y a cependant une remarque essentielle à faire, qui met une espèce de différence entre la peinture sur porcelaine et la peinture en émail. Pour transporter la couleur des métaux, ou plutôt celle de leurs chaux, sur l'émail, on est obligé de joindre à la chaux de ces métaux un verre qu'on appelle fondant, qui, par sa fusion, vitrifie les couleurs et les fait pénétrer dans l'émail. Pour que les couleurs puissent pénétrer dans l'émail sur lequel on peint, on sait qu'il est nécessaire que l'émail commence à entrer en fusion, lorsque les couleurs y sont déjà, parce que les couleurs resteraient en relief sur l'émail, s'il n'entrait point en fonte. Il faut donc qu'il se trouve une proportion dans la facilité à fondre entre l'émail sur lequel on peint et le fondant que l'on mêle avec les couleurs. On voit aisément que la même proportion dans la facilité à fondre doit se trouver entre la couverte de la porcelaine sur laquelle on peint, et le fondant qu'on aura mêlé avec les couleurs; et la couverte de la porcelaine étant beaucoup plus difficile à mettre en fusion que l'émail, on doit employer dans les couleurs à peindre sur la porcelaine un fondant beaucoup moins facile à mettre en fusion que dans celles à peindre en émail; ce qui tient à l'emploi moins grand du salpêtre et du borax dans la composition du fondant. Comme on ne doit point employer de plomb dans la composition du fondant, il est plus facile d'en composer un qui soit dur à fondre que d'user de celui qui est propre à la peinture en émail, à cause de la quantité des sels qu'on est obligé de mettre dans ce dernier, et qui, à moins que ce verre ne soit bien fait, s'y font sentir, et gâtent les couleurs.

« La principale qualité du verre, qui servira de fondant, est d'être blanc, et exempt de préparation de plomb dans sa composition, comme la céruse, le minium, la litharge, etc. Pour ce qui est du plus ou moins de facilité qu'il doit avoir à entrer en fusion, il faut qu'elle soit bien proportionnée à celle de la couverte de la porcelaine, c'est-à-dire que la couverte ne soit pas assez dure à fondre pour que la fusion du verre, qui sert de fondant, n'entraîne pas la sienne dans les endroits où les couleurs sont appliquées. On peut donc essayer de se servir de verres blancs de différents degrés de fusibilité, pour s'arrêter à celui qui se trouvera convenir au degré de fusibilité de la couverte. Le verre dont on fait les tuyaux des baromètres est le plus facile à mettre en fusion; celui des glaces vient après, et ensuite celui des cristaux de Bohême, etc. On ne doit point craindre que la force du feu nécessaire pour mettre ces verres en fusion, emporte les couleurs; celles dont on vient de parler sont toutes fixes, et y résisteront; il n'y a que les couleurs tirées du fer, dont jusqu'ici l'usage a été très-difficile, à cause de leur volatilité au feu; mais il sera aisé de voir dans le *Traité de la peinture en émail*, qu'en tenant les safrans de mars exposés au grand feu pendant deux heures, avec le double de leur poids de sel marin, et les édulcorant ensuite, on les rend tout aussi fixes que toutes les autres couleurs. La proportion du fondant à mettre avec les chaux des métaux est la même que celle de la peinture en émail, c'est-à-dire, presque toujours en poids trois parties de fondant sur une partie de couleur. Si l'on s'apercevait que quelqu'une de ces couleurs ne prît pas dans la fonte le luisant qu'elle doit avoir, on en serait quitte pour ajouter quelques parties de fondant de plus; par exemple, les couleurs tirées de l'or exigent jusqu'à six parties de fondant. Ces couleurs s'emploient facilement au pinceau, avec la gomme ou l'huile essentielle de lavande, avec la précaution, si l'on s'est servi d'huile essentielle de lavande, d'exposer les pièces peintes à un très-petit feu, jusqu'à ce que l'huile soit totalement évaporée, avant de les enfourner.

« On ne parlera pas des couleurs qui se mettent sous la couverte : il faut les placer sur le cru, dans lequel venant à s'emboire, on ne peut former avec elles aucun dessin correct. Elles ne seraient donc propres qu'à employer à faire des fonds d'une seule couleur, et, en ce cas, il vaut mieux mêler la chaux des métaux avec la matière de la couverte, et tremper les vases dedans.

« Il résulte de tout ce que l'on vient de dire, que les porcelaines dans lesquelles on emploie de la fritte sont les plus mauvaises de toutes, et qu'on ne doit jamais chercher à en faire sur ce principe, par conséquent qu'il ne faut employer aucuns sels pour mettre en fusion les matières qui doivent composer la porcelaine; que le spath fusible est le principal agent pour la liaison des terres que l'on doit employer dans la porcelaine; puisque le pe-tun-tsé est une pierre composée de spath, d'argile et de sable, qui, jointe à une terre onctueuse, fait la porcelaine de la Chine, et que celle de Saxe est composée sur les mêmes principes, avec cette différence seulement que le pe-tun-tsé est déjà composé d'une partie de ces matières par la nature, et que dans la porcelaine de Saxe on est obligé de la faire des mêmes différentes matières séparées que l'on rassemble; ce qui fait voir que les combinaisons

faites par la nature sont supérieures à celles faites par la main des hommes.

« Quant à ce qu'on appelle l'émail ou la couverte, il ne fallait jamais chercher à la faire avec une vitrification toute faite, mais il fallait que la vitrification ne se fît que sur la porcelaine même; que l'on n'employât jamais des métaux, comme des préparations de plomb ou d'étain dans la couverte; qu'il entrait du spath dans celle de la Chine, puisqu'il y entrait du pe-tun-tsé, qui est une pierre spathique; qu'il y avait toute apparence que le spath entrait aussi pour beaucoup dans la couverte de la porcelaine de Saxe, et même pour plus que dans la porcelaine de Chine, puisque la force du feu ne la faisait pas couler comme celle de la Chine.

« Pour ce qui regarde les couleurs, il ne fallait jamais employer des verres colorés tout faits, et surtout ceux dans lesquels le plomb était entré, comme les pains d'émaux, etc. Mais il fallait que la vitrification des couleurs se fît sur la couverte et en la pénétrant. »

Porcelaine de Saxe et autres porcelaines d'Europe. — Nous devons à M. le comte de Mille une excellente description de l'art de faire la porcelaine d'Allemagne ou de Saxe : c'est de ce savant que nous emprunterons tout ce que nous allons dire sur cet art, si longtemps ignoré en Europe; ce ne fut que dans le siècle dernier que le hasard fit connaître en Saxe un procédé dont les Chinois et les Japonais gardaient si soigneusement le secret.

« Un gentilhomme allemand, le baron de Boettcher, chimiste à la cour d'Auguste, électeur de Saxe, en combinant ensemble des terres de différentes natures pour faire des creusets, fit cette découverte précieuse, qui s'est conservée avec soin dans la manufacture de Meiffen, près de Dresde. Le bruit de cette nouvelle fabrique se répandit en France et en Angleterre, et les chimistes de ces deux royaumes travaillèrent à l'envi à faire de la porcelaine.

« Les Anglais firent venir à grands frais du kaolin de Chine; mais n'ayant point les autres substances que les Chinois mêlent à cette terre, au lieu de porcelaine ils ne firent que des briques. Les Français firent également venir de la Chine des matières, pour servir d'objet de comparaison avec ceux que notre continent pouvait fournir. Un Jésuite, le P. Dentrecolles, joignit aux matières qu'il envoya des observations sur le travail des Chinois, mais elles étaient si peu exactes, que les chimistes français, opérant d'après les fausses instructions de ce missionnaire, ne purent parvenir à faire de la vraie porcelaine. On désespérait presque de réussir en Europe, lorsque M. de Tschernhausen trouva une composition de porcelaine qui, selon les apparences, était la même que celle dont on fait usage en Saxe : il la confia en France au seul M. Homber; mais ces deux amis moururent sans en communiquer le secret au public. M. de Réaumur soupçonna, à force de génie, quelles étaient les vraies substances qui entraient dans la composition de la porcelaine de la Chine, et nous donna le premier des idées très-justes sur la nature de ces substances, et la manière de les employer. Après cet académicien, MM. Lauragais, Guettard, Montomy, Laffone, Baumé, Macquer, Montigny et Sage, tous chimistes du plus profond savoir, se sont occupés fructueusement du même objet. M. de Lauragais présenta, en 1766, à l'Académie, de la porcelaine de son invention; elle fut jugée aussi parfaite que celle de Sèvres et de Saxe; mais cet illustre savant n'a point publié sa composition. »

Il y a aujourd'hui plusieurs manufactures de porcelaine en Allemagne, en Angleterre, en Hollande et en Italie; les plus célèbres d'Allemagne sont, après la manufacture de Dresde, celle de Fronkendal dans le Palatinat et celle de Louisbourg, près de Stuttgard.

« La *porcelaine de Fronkendal* a le même fonds de richesses que celle de Saxe et de France : elle est, comme elles, bien au-dessus de celle de la Chine et du Japon; elle est surtout recommandable par l'éclat de l'or qu'on y applique en feuille avec tant d'adresse, qu'on prendrait les vases qui en sont enrichis pour être d'or massif. Cette manufacture excelle aussi dans les figures, elle a atteint le degré de perfection de celle de Saxe, et approche de celle de France par la variété et le dessin correct des figures, par la force et le naturel des statues, et par la vérité de l'expression; à ces bonnes qualités elle joint l'avantage du bon marché, le prix étant de près d'un tiers au-dessous de celui des porcelaines de Saxe.

« La manufacture de Louisbourg, établie par la magnificence du duc de Wurtemberg, ne le cède guère à celle de Fronkendal; la pâte en est des plus réfractaires; elle résiste au feu le plus violent, et soutient le passage subit du froid au chaud et du chaud au froid sans se casser. Les formes en sont agréables, et l'on y exécute des morceaux d'architecture pour la décoration des desserts d'une grandeur énorme : le seul défaut de la pâte est de n'être pas d'un blanc aussi parfait que celui de Saxe et de France; elle est d'un gris cendré, et reste grenue dans la cassure; la couverte présente le même défaut, et n'est jamais de ce beau blanc qui plaît à l'œil et qui caractérise les belles porcelaines; mais il serait aisé d'y remédier.

« Les porcelaines qu'on fabrique en Angleterre ne valent absolument rien, et les Anglais qui ont perfectionné tant d'autres arts, sont bien au-dessous des Français, des Allemands, des Hollandais et des Italiens à l'égard de celui dont nous parlons. Ce qu'ils appellent *porcelaine* n'est qu'une vitrification imparfaite, à laquelle il ne manque qu'un degré de feu un peu plus fort pour en faire du verre.

« La *porcelaine de Hollande* et celle d'Italie sont belles, mais au-dessous de celle de Saxe. »

Porcelaine de France. — La *porcelaine de France* était, il n'y a pas longtemps, si fragile qu'on craignait de l'exposer à la moindre chaleur : elle était sujette à se fêler comme le verre, de la nature duquel elle participait.

« On avait tâché de suppléer à la vraie composition qu'on ignorait (dit M. Macquer dans un *Mémoire sur une nouvelle porcelaine*, qu'il lut à l'Académie des sciences de Paris, le 17 juin 1769), par un assortiment dont la base était de sable et de cailloux broyés, qu'on faisait blanchir par l'action du feu et par le mélange de différents sels. On ajoutait à cette composition une certaine quantité de terre liante pour la mouler plus facilement et la travailler sur le tour. L'argile dont on se servit ne procurant pas à la porcelaine cette blancheur qui est une de ses plus belles et plus apparentes qualités, on lui préféra les marnes comme conservant plus de blanc dans les cuites. Ces dernières ne pouvant point soutenir l'action d'un grand feu sans se fondre, les ouvrages qu'on en faisait n'acquéraient point par la cuite la dureté et la compacité nécessaires pour résister à l'alternative du chaud et du froid sans se casser ; tendres et friables par leur nature, ils ne pouvaient recevoir pour couverte ou vernis, qu'un verre de plomb plus tendre encore et plus fusible, par conséquent susceptible de se rayer, de se dépolir, de jaunir et de perdre toute sa beauté par le service. Cette fausse porcelaine a été en usage jusqu'à l'époque où des savants, tels que MM. de Réaumur, Guettard, Hellot, Macquer et Baumé trouvèrent, à force d'expériences, les moyens de faire une porcelaine aussi dure et aussi solide que celles du Japon et de Saxe, approchant de leur beauté, mais n'ayant pas encore le dernier degré de blancheur qu'on lui désirait.

« En 1766, M. le comte de Lauragais présenta de la porcelaine de son invention à l'Académie ; cette porcelaine fut reconnue pour être aussi parfaite qu'on pouvait le désirer ; mais comme ce seigneur n'en a point publié la composition, on ne peut point dire de quelle terre elle était fabriquée.

« Ce n'est que depuis que M. Vilaris, pharmacien de Bordeaux eut découvert en France une terre convenable, qu'on est parvenu dans la manufacture royale de Sèvres à faire de la porcelaine uniquement composée des terres de France, dans la pâte et la couverte de laquelle il n'entre ni fritte, ni sel, ni aucune matière métallique, qui se travaille facilement sur le tour et qui prend toutes sortes de formes dans les moules ; qui ne peut être cuite qu'à un feu de la dernière violence, et dont la couverte exige le même degré de feu pour se fondre, qui est infusible au plus grand feu des fourneaux, et qui peut servir de creuset pour vitrifier toutes les porcelaines de fritte et de marne ; qui acquiert par suite une densité et une dureté qui y est proportionnée ; qui rend un son semblable à celui d'un vase de métal lorsqu'elle est frappée ; qui résiste à l'impression subite et alternative ou chaud et du froid ; qui, dans sa cassure, a un grain qui tient de celui de la porcelaine de Saxe et de l'ancien Japon ; qui a enfin une blancheur et une demi-transparence égales à celles des plus belles porcelaines de l'ancien Japon et de Saxe.

« Après avoir fait diverses épreuves sur les nouvelles porcelaines de Sèvres avec la terre de France, trouvée par M. Vilaris, l'Académie des sciences de Paris a certifié que les vases faits de cette matière sont en état de résister à la plus grande chaleur du café, du chocolat et du potage ; qu'avec tout le mérite de l'ancien Japon, ils sont encore très-sonores, font feu avec le briquet, peuvent servir de creuset pour vitrifier l'ancienne porcelaine de Sèvres, ne sont point déformés par un feu de forge longtemps continué, vont au feu sans se rompre, peuvent servir à faire fondre du beurre et cuire des œufs, et passent du plus grand chaud au plus grand froid sans souffrir aucune altération. Mais, ce que cette même Académie assure être plus intéressant pour le public, c'est qu'avec le secours de cette terre nouvellement trouvée, ou d'autres semblables qu'il ne sera pas difficile de découvrir dans ce royaume, on pourra peut-être donner à un prix modique les porcelaines qu'on pourra désirer.

« Il résulte de ce que nous venons de dire, continue la même Académie, que le kaolin qu'on a trouvé en France est meilleur que celui du Japon, et qu'il fait une porcelaine plus blanche et plus fine.

« La *porcelaine de la manufacture de Sèvres* est aujourd'hui, de l'aveu même des étrangers, supérieure à tout ce qu'on peut voir de plus agréable et de plus parfait pour l'élégance des formes, la correction du dessin, le brillant des couleurs, le vif éclat du blanc, le brillant de la couverte.

« La *porcelaine de Sèvres* obtiendrait infailliblement la préférence sur toutes les autres, tant d'Europe que de la Chine et du Japon, si le prix en était un peu plus à la portée de tout le monde ; il ne lui manque que cet avantage, qui est essentiel pour le commerce ; mais on peut dire que la cherté est compensée par la solidité. »

Les magnifiques produits de la *manufacture de Sèvres* sont trop connus pour que nous nous étendions davantage sur les immenses progrès qu'a faits l'industrie de la porcelaine en France ; nous pourrions, sous le rapport des produits de notre sol, renvoyer à notre article intitulé Industrie minérale en France ; nous nous bornerons ici, quant à l'art moderne, à citer quelques mots que nous extrayons de l'*Encyclopédie des gens du monde* :

« On distingue deux sortes de porcelaines : la porcelaine dure et la porcelaine tendre, qui diffèrent par leur composition comme par leur mode de fabrication. »

D'après ce que nous avons dit précédemment, on peut déjà apprécier la différence de composition de ces deux espèces de porcelaines.

« La *porcelaine tendre*, dit le même recueil que nous venons de citer, diffère principalement de la porcelaine dure par la composition de son émail (1), qui renferme toujours une certaine quantité d'oxyde de plomb : sa pâte aussi est plus fusible. Cette porcelaine a d'ailleurs l'inconvénient de ne point aller sur le feu, comme les porcelaines dures, et de se rayer aisément. Le mode de cuisson et les principes de coloration sont également différents..... L'ancienne porcelaine tendre de Sèvres avait pour base argileuse une marne calcaire, et pour matière fondante une fritte. L'émail de cette porcelaine, souvent mis à deux couches et cuit à deux feux, prenait ainsi un *glacé* très-remarquable. Les nombreux inconvénients attachés à la fabrication de *l'ancien Sèvres* l'ont fait abandonner vers l'année 1806. « Néanmoins, dit M. Brongniart, comme cette « porcelaine a, dans le glacé gras de sa couverte, dans sa couleur jaunâtre, quelques « caractères qui la font très-bien reconnaître « des amateurs de raretés et des marchands « qui les rassemblent; et comme les inconvénients de sa fabrication leur assurent « qu'on n'en fera plus d'exactement semblable, elle est très-recherchée de ces amateurs, et payée à un très-haut prix. »

Porcelaine dure. — Nous nous sommes suffisamment étendu sur ses qualités et sur sa fabrication. Elle est la seule fabriquée aujourd'hui. Elle doit, ainsi que nous l'avons dit précédemment, aller sur le feu, être même réfractaire aux foyers les plus intenses; nous avons vu, dans le commencement de cet article, qu'elle devait pouvoir servir de creuset pour fondre des argiles moins pures.

Pour terminer, nous citerons encore quelques lignes de l'*Encyclopédie des gens du monde* : « La belle porcelaine doit être d'un blanc de lait, exempte de taches; le vernis doit présenter une surface glacée, sans ondulations ni picotements; les formes et les contours des pièces doivent se dessiner avec pureté et finesse. Mais la qualité fondamentale de la porcelaine, celle qui permet de l'employer à tous les usages domestiques, c'est de pouvoir résister, sans se briser, à de grandes variations de température. »

POTERIE. — Cette industrie embrasse la fabrication de toutes sortes de vases et de vaisselle. — *Voy.* Céramique, Porcelaine.

Nous ne saurions donner quelque chose de plus complet sur l'art du potier, que l'article suivant de M. P. Debette, que nous extrayons du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

La fabrication des poteries est une des industries les plus anciennement connues, mais ses progrès les plus importants ne datent que de quelques siècles, et sont dus aux *Bernard de Palissy*, aux *Wedgwood*, aux *Bœttger*, etc. Elle se divise actuellement en un nombre considérable de branches d'après la nature des poteries produites; nous les passerons successivement en revue avec tous les détails que le cadre de ce dictionnaire nous permettra de donner, en rappelant, à ceux de nos lecteurs qui désireraient acquérir une connaissance plus approfondie de l'art céramique, que le savant M. Alexandre Brongniart, qui, pendant plus de quarante ans, a dirigé avec tant d'habileté la manufacture de porcelaine de Sèvres, vient de publier, sur ce sujet, un traité *ex professo*, qui doit servir de modèle à tous ceux qui entreprennent la description complète d'une branche d'industrie quelconque, et qui, nous nous faisons un devoir de le répéter, nous a été du plus grand secours pour la rédaction de cet article.

Avant d'entrer dans les détails de fabrication propre à chaque espèce de poteries, il est indispensable de parler d'une manière générale des éléments qui entrent dans la composition des pâtes et glaçures céramiques, ainsi que des procédés de préparation et de façonnage de ces pâtes, communs à toutes ou partie des diverses branches de fabrication.

Composition générale des pâtes. — Le principal élément des pâtes céramiques, qui sont toujours essentiellement composées de silicates terreux à base d'alumine, seule ou mélangée de magnésie, est une matière dont la plasticité permet de mouler et de façonner la pâte : on dit que la pâte est longue ou courte, selon qu'elle a plus ou moins de plasticité.

On emploie généralement comme matière plastique, pour la fabrication de la porcelaine, des kaolins, et, dans quelques parties de l'Espagne et du Piémont, du carbonate et du silicate de magnésie; les argiles plastique, figuline, marneuse, etc., fournissent la matière plastique des autres poteries. Les kaolins proviennent toujours de la décomposition du feldspath et se rencontrent dans les terrains granitiques, surtout dans la roche désignée sous le nom de *pegmatite*, et qui est presque uniquement composée de quartz et de feldspath; ils sont souvent recouverts, dans leurs gisements, d'une roche micacée, ou sorte de gneiss, rouge et très-fusible. Le principal gisement de kaolin, en France, est celui de Saint-Yrieix, à 28 kilomètres au sud de Limoges. Le kaolin de cette localité est généralement friable et d'un beau blanc de lait; on en distingue trois variétés : le kaolin caillouteux, qui est grenu, friable, à grains partie quartzeux et durs, partie argileux et durs, partie argileux et tendres; le kaolin sablonneux, qui est friable, très-maigre au toucher, et dans lequel le quartz est à l'état de sable très-fin, mais visible; et le kaolin argileux, qui est moins friable et fait directement avec l'eau une pâte assez liante. Complétement desséché, le kaolin de Saint-Yrieix se compose à peu près de 0,545 de silice, 0,425 d'alumine, et 0,030 de potasse et de chaux. Parmi les ar-

(1) Nous ajouterons, nous, que c'est surtout dans la composition de la pâte qu'existe cette différence. Voir ce qui précède.

giles employées à la confection des poteries, on doit placer au premier rang l'argile plastique, qui, lorsqu'elle est suffisamment pure, est infusible dans le four à porcelaine, et forme la base des poteries de grès, des cazettes à cuire la porcelaine, des faïences fines, etc. Vient ensuite l'argile figuline, qui donne une pâte liante, moins tenace que la précédente; elle renferme jusqu'à 5 à 6 p. 100 de chaux, et une certaine quantité de fer, de sorte qu'elle se colore en jaune ou en rouge par la cuisson; à une haute température, elle se ramollit et se couvre d'une sorte de vernis. On s'en sert pour la fabrication des faïences communes, des terres cuites, des briques, etc... La grande abondance, à la surface du globe, des marnes argileuses, la facilité avec laquelle elles font pâte avec l'eau et se laissent façonner, la solidité et la dureté qu'elles acquièrent par une cuisson modérée, les font presque exclusivement employer dans la fabrication des poteries communes; il en est à peu près de même des marnes limoneuses; mais les marnes calcaires ne sont jamais employées comme matières plastiques.

Si, d'un côté, la plasticité est une condition de première importance pour le façonnage des pâtes, d'un autre côté, une pâte très-plastique éprouve, tant par la dessiccation que par la cuisson, un retrait considérable, qui a souvent pour résultat de déformer les pièces et d'y déterminer des fissures. On obvie à cet inconvénient, en diminuant la plasticité de la pâte, par l'addition d'une matière aride ou dégraissante, c'est-à-dire d'une matière qui ne soit pas susceptible par elle-même de prendre du retrait. Les matières dégraissantes sont le quartz, les ciments et les escarbilles. Le quartz hyalin, que l'on trouve en quelques localités, est surtout employé pour les porcelaines. Les silex pyromaques, disséminés en nodules dans les terrains de craie blanche, sont très-employés, en Angleterre, dans la fabrication des faïences fines; certains sables quartzeux servent également à la fabrication de la faïence. Pour les pâtes communes, on emploie fréquemment comme matières dégraissantes des pâtes argileuses cuites, puis broyées plus ou moins fin, et auxquelles on donne le nom de ciment. Enfin, pour quelques poteries très-grossières et que l'on cuit à une basse température, on emploie comme ciment le machefer et les escarbilles, qui tombent sous la grille des fours à réverbère. Dans quelques cas particuliers, pour obtenir des vases moins fragiles, on incorpore dans la pâte de la sciure de bois, du poussier de coke ou du graphite. Il paraît qu'en Corse, et dans le même but, on introduit dans certaines pâtes de l'amiante ou asbeste, pierre filamenteuse qui vient se ranger à la suite, soit de l'amphibole, soit du pyroxène.

Dans les poteries cuites à une basse température et faites avec des marnes argileuses, le calcaire joue le rôle de matière dégraissante; on en ajoute quelquefois dans ce but dans des circonstances analogues. Enfin, soit pour rendre la combinaison des éléments plus intime, soit pour donner aux produits une translucidité plus ou moins prononcée, une imperméabilité plus ou moins grande, etc., on ajoute souvent à la pâte des matières qui augmentent sa fusibilité; ces matières, dites fondantes, sont ordinairement du feldspath, pesque toujours mélangé de quartz, et du calcaire. Quant aux substances qui sont employées pour former les couvertes ou glaçures qui recouvrent la plupart des poteries, elles sont très-nombreuses, et nous en parlerons à l'article de chaque genre de poterie.

Avant de terminer ce paragraphe, nous rappellerons que nous savons que, pour les alliages métalliques multiples, l'ordre dans lequel on combine les éléments est de la plus grande importance, et que, toutes choses égales d'ailleurs, en inversant cet ordre, on pouvait obtenir des produits de composition identique ayant des propriétés essentiellement différentes. Ici, un phénomène analogue se présente : il ne suffit pas, pour obtenir des poteries d'une nature donnée, d'arriver à combiner ensemble les éléments simples (*silice*, *alumine*, etc.), dans les proportions indiquées par l'analyse, mais il est encore indispensable que les matières premières de la fabrication à établir, qui renferment les éléments simples, présentent à peu près les mêmes modes de combinaison et d'agrégation que les matériaux ordinairement employés dans la composition de cette sorte de poteries.

Préparation des pâtes.—Il est essentiel que les pâtes céramiques soient amenées à présenter, dans leur masse, une homogénéité d'autant plus parfaite que la température de leur cuisson sera plus élevée, afin que le retrait soit bien égal et ne donne pas lieu à la déformation des pièces. A cet effet, on fait subir aux matières premières deux séries d'opérations : les premières ayant pour but d'obtenir des matières séparément bien homogènes et réduites en particules très-ténues, les secondes servant à produire un mélange intime des matières préparées comme il vient d'être dit.

Les kaolins et les argiles sont préparés par un lavage par décantation. A cet effet, on les laisse sécher, on les réduit en poudre grossière, soit à batte à main, soit sous des meules verticales; on les humecte d'une petite quantité d'eau, on les laisse s'en pénétrer pendant vingt-quatre heures au moins, puis on les délaye en les faisant tomber dans une cuve pleine d'eau, et dans laquelle se meut un agitateur muni de bras. On laisse ensuite reposer quelques instants, puis on décante l'eau trouble dans des cuves de dépôt échelonnées, où on la laisse jusqu'à ce que les particules argileuses qu'elle tenait en suspension se soient déposées. Le délayage des argiles se fait bien plus facilement dans l'eau chaude que dans l'eau froide ; on y applique avec avantage l'eau de condensation de la machine à vapeur, lorsqu'il y en a une

dans l'établissement. Les autres matières doivent être soumises à un broyage. Avant de broyer le quartz, le silex et le feldspath, on les étonne, c'est-à-dire on les chauffe fortement, et on les jette encore rouges dans de l'eau froide : on détruit ainsi leur ténacité et on les rend très-friables. On les pile ensuite à sec, généralement au moyen de meules verticales munies de râteaux qui ramènent sous les meules la matière qui n'est pas suffisamment broyée.

On crible ensuite ces matières et on achève de les broyer sous les meules horizontales; ces meules sont ordinairement en grès dur, en quartzite ou en granite. Elles sont quelquefois entièrement disposées comme les meules des moulins à farine; d'autres fois, l'arbre qui fait tourner la meule courante vient d'en haut, passe dans l'axe de la meule courante, qui est percé et garni d'un œil carré en fer, et vient s'appuyer sur une crapaudine encastrée dans la meule gisante. Nous donnerons, comme exemple, l'atelier de broyage établi à la manufacture royale de porcelaine de Sèvres par M. John Hall, et qui se compose de trois petits moulins et d'un grand. Les matières broyées sont ensuite soumises au lavage par décantation, qui s'opère comme pour les matières plastiques; seulement le délayage est beaucoup plus facile.

La seconde série des opérations, que comporte la préparation des pâtes, a pour but d'obtenir un mélange aussi homogène que possible des matières premières préparées comme il vient d'être dit. On commence par mélanger les matières premières dans une grande cuve, ou tonne à mélanger, analogue à celles à mélanger le mortier, ou en opérant à bras avec des râbles, si la fabrication est restreinte; dans tous les cas, on doit employer les matières à l'état de bouillie claire, et opérer le mélange aussi rapidement que possible. Pour rendre la pâte maniable et empêcher qu'elle ne se sépare par dépôt en parties d'inégales densités, il faut la faire ressuer, c'est-à-dire expulser une partie de l'eau qu'elle renferme et l'amener à la consistance pâteuse. L'aérage seul est généralement insuffisant. L'absorption de l'eau par des caisses en plâtre à parois épaisses, dans lesquelles on verse la pâte, exige un matériel considérable et n'est guère praticable que pour les grandes fabriques. On emploie très-fréquemment l'action du feu pour le ressuage des pâtes; mais ce procédé est très-coûteux. Enfin, dans ces derniers temps, MM. Honoré et Grouvelle ont imaginé de raffermir la pâte en la soumettant, dans des sacs de toile forte à tissu très-serré, à une puissante pression par un moyen mécanique quelconque; ce procédé est actuellement employé dans presque toutes les fabriques de porcelaine; d'après M. Johnson, on augmente considérablement la durée des sacs de toile en les plongeant pendant quelque temps, avant de les employer, dans de l'huile bouillante qui empêche l'eau d'y adhérer et de les pénétrer. M. Alluaud opère la filtration de l'eau par la pression atmosphérique; à cet effet, il a un entonnoir ou trémie en fonte, munie d'une grille hémisphérique convexe qu'il recouvre de galets, par-dessus lesquels il place une étoffe de laine serrée perméable à l'eau, quelquefois recouverte d'une grosse toile d'étoupes, et sur laquelle on verse la pâte à raffermir. On fait le vide dans des cylindres placés au-dessous de l'entonnoir, et la pression atmosphérique agissant sur la pâte force l'eau à filtrer à travers l'entonnoir. Les cylindres ci-dessus sont munis de trois robinets : l'un placé à la partie supérieure et communiquant avec l'air; un autre également placé à la partie supérieure, et servant à mettre le cylindre en communication tantôt avec l'entonnoir, tantôt avec un réservoir d'eau supérieur; enfin, un autre robinet placé à la partie inférieure, et mû par la même tige que le précédent, communique avec un tuyau vertical de décharge placé au-dessous, ayant au moins de 10m,50 à 11 mètres de long et qui plonge dans un réservoir d'eau inférieur. On remplit d'abord le cylindre d'eau venant du réservoir supérieur, en laissant le robinet à air ouvert; lorsque l'eau jaillit par ce robinet, on le ferme, on change le sens des deux autres robinets, et le vide barométrique se produit dans le cylindre; le degré de vide est indiqué par un manomètre. Lorsqu'il y a une machine ou une chaudière à vapeur dans l'établissement, on peut produire le vide dans les cylindres, comme l'a fait M. de Caen, dans sa fabrique de faïence, de la même manière que dans les appareils à cuire les sirops dans le vide (*Voyez* SUCRE).

La pâte, après le ressuage, est encore pétrie, soit avec les pieds de l'ouvrier, opération connue sous le nom de *marchage*, soit par le battage à la main, soit enfin au moyen de tonnes à mélanger. Enfin, on améliore notablement la qualité des pâtes en les conservant en masse pendant longtemps, souvent même des années entières, dans un état constant d'humidité. Elles éprouvent alors pour la plupart ce qu'on nomme la *pourriture;* c'est une sorte de fermentation que l'on accélère en humectant les pâtes avec des eaux de fumier ou des eaux marécageuses. Les pâtes deviennent noires et exhalent une odeur d'hydrogène sulfuré. Lorsqu'on en prend une faible partie et qu'on l'expose au contact de l'air, elle blanchit rapidement avec dégagement d'acide carbonique. Le dégagement de gaz qui se produit pendant la pourriture des pâtes, par suite de la putréfaction des matières organiques contenues dans l'eau, produirait, selon M. Brongniart, une espèce de pétrissage plus complet, ce qui expliquerait pourquoi les pâtes acquièrent par la pourriture plus de plasticité et d'homogénéité, en même temps qu'elles prennent un retrait moindre et plus régulier que les pâtes neuves.

Façonnage des pâtes. — Le façonnage des

pâtes se fait de trois manières différentes, par tournage, moulage et coulage.

L'ébauchage des pièces se fait ordinairement sur un tour à axe vertical; à la partie inférieure cet axe porte une roue massive qui sert de volant, et que l'ouvrier met en mouvement avec le pied. Lorsque l'ouvrier a de grandes pièces à exécuter, le tour est mis en mouvement par un autre ouvrier au moyen d'une manivelle. Lorsqu'on a un grand nombre de tours à faire marcher à la fois, on emploie comme moteur commun une roue hydraulique ou une machine à vapeur.

Pour ébaucher au tour une pâte quelconque, l'ouvrier prend une masse de pâte humide proportionnée à la pièce qu'il veut faire; il la met sur la tête du tour, mouille ses mains avec de la barbotine, c'est-à-dire avec une bouillie claire de cette pâte, met le tour en mouvement, et amène peu à peu la pâte à prendre la forme voulue, en se servant de ses mains, et souvent d'une éponge qui est destinée à étendre la surface de ses doigts. Un seul instant passé dans une fabrique de poteries fera mieux comprendre cette opération que les descriptions les plus détaillées. On augmente au besoin la hauteur de la pièce ébauchée, en rapportant successivement des colombins de pâte à sa partie supérieure. La principale difficulté de l'ébauchage au tour consiste à mouiller et à comprimer bien également la pâte à mesure que l'on élève la pièce; sans cela, celle-ci se déforme plus ou moins et même se fêle par la cuisson. Certaines pièces, par leurs dimensions, ne peuvent s'ébaucher sur le tour; on les élève alors à la main au moyen de colombins ou boudins de pâte successivement rapportés. Les modèles par le moulage se font en plâtre gâché, serré et pénétré d'huile siccative pour les durcir, ou en métal, étain ou bronze. Sur ces modèles-types, on prend des contre-épreuves ou mères en plâtre, qui, surmoulées à leur tour, donnent les moules destinés à la fabrication. Ces moules se font en plâtre, ou en terre cuite chauffée ou dégourdie; il faut noter qu'à chaque moulage en plâtre l'augmentation des dimensions linéaires est de 1/100, tandis qu'au contraire il y a retrait pour le moulage en terre cuite.

Suivant l'objet que l'on veut mouler, le moulage se fait à la *balle*, en *croûte* ou en *housse* : le moulage à la balle se fait en préparant à la main des balles de pâte que l'on imprime dans les cavités des coquilles du moule, en se servant d'une toile ou d'une éponge; si la pièce doit être pleine, on met un excès de pâte, puis on applique les deux coquilles l'une contre l'autre en les serrant fortement, et l'excès de pâte s'échappe par une rigole ménagée à cet effet; si la pièce doit être creuse, on moule la pâte à l'épaisseur convenable, puis, avant de remonter les coquilles, on en garnit les bords de barbotine pour éviter les bavures trop fortes et augmenter l'adhésion de la pâte aux joints. Lorsque la pâte est trop courte, on lui donne du liant en y ajoutant une petite quantité de gomme arabique ou de colle de farine. Le moulage à la croûte consiste à préparer au rouleau sur une toile forte ou une peau mouillée et placée sur une table en pierre, bien dressée, une croûte ou lame de pâte d'épaisseur convenable, que l'on soulève ensuite à l'aide de la peau, pour l'appliquer avec une éponge sur la convexité du noyau en plâtre préalablement mouillé; on recouvre alors le noyau avec le moule creux qui doit former l'extérieur de la pièce et qui, étant plus sec, enlève la croûte au noyau; on continue de l'y appliquer d'abord avec l'éponge, puis avec des tampons remplis de poussière de la même pâte; pour la dessiccation et le retrait qui en résulte, la pièce se détache d'elle-même du moule. Le moulage à la housse consiste à faire d'abord sur le tour une ébauche ou housse de la pièce à fabriquer, puis à la placer encore molle dans un moule de plâtre creux, contre les parois de laquelle on l'applique exactement au moyen d'une éponge. Ce procédé, qui convient particulièrement pour les pâtes délicates et surtout pour les pâtes à porcelaine, ne peut s'appliquer qu'à certaines classes de formes. Quel que soit le genre de moulage employé, il est nécessaire de changer de moules dès que ceux-ci sont abreuvés d'humidité, parce qu'alors ils ne peuvent plus absorber celle de la pâte qui devient adhérente au moule et ne peut plus s'en détacher aisément; il faut, dans ce cas, les laisser sécher avant de s'en servir de nouveau. Le démoulage ne s'opère que lorsque la pâte a acquis assez de solidité pour ne pas se déformer par son propre poids.

Le moulage à la presse paraît ne réussir que pour des objets de dimensions très-faibles; le moule proprement dit est en métal, ou en plâtre, ou en terre cuite, cerclé en fer, et d'une seule pièce, ou composé de plusieurs parties, selon les exigences du démoulage; le noyau, monté sur la vis de la presse, est en métal; le fond du moule est formé par une capsule mobile à volonté, ordinairement par le mouvement même de la presse, et qui sert à enlever la pièce du moule. Pour empêcher l'adhérence de la pâte avec les surfaces métalliques, on enduit celles-ci avec de l'essence de térébenthine. Le grand inconvénient de ce procédé, c'est que la masse acquiert une inégale densité, d'où résultent les gauchissements d'autant plus sensibles que la température à laquelle s'opère la cuisson est plus élevée.

Les pièces de service qui ont la forme d'un solide de révolution, et qui doivent se faire en grand nombre et avec des dimensions et une épaisseur absolument égales, après avoir été ébauchées sur le tour, soit à la croûte, soit à la housse, sont soumises au calibrage, qui consiste à abaisser sur la pièce un calibre qui présente à son bord interne le profil exact, découpé dans une lame d'acier, de la forme, soit du dedans, soit du dehors de la pièce, de manière à lui donner à la fois exactement l'épaisseur et les con-

tours qu'elle doit avoir. Pour que le calibre puisse prendre une position invariable, il est fixé à charnière par une de ses extrémités, tandis que l'autre vient s'appuyer sur un support convenable.

Le procédé de moulage par coulage ne s'applique qu'aux pâtes moyennement ou peu plastiques, et sert à mouler des plaques et des objets creux d'une épaisseur uniforme, tels que tubes, cornues, etc. ; il est surtout employé dans les manufactures de porcelaine. La pâte neuve est mêlée avec la moitié de son poids de rognures de pâte venant du tournassage des pièces, puis étendue d'eau de manière à former une bouillie peu épaisse, dite *barbotine*, que l'on passe dans un tamis de fil de laiton, et que l'on agite doucement et longtemps jusqu'à ce qu'elle ait acquis l'homogénéité voulue. Le coulage des plaques de porcelaine se fait sur des plaques de plâtre humectées, garnies d'une bordure en planches; dès que, par suite de l'absorption du moule, la pâte a acquis assez de consistance, on enlève les planches de bordure, on coupe sur les bords une bande de pâte de 0m, 05 au moins, pour les grandes plaques, afin de faciliter le retrait, on retourne la plaque de pâte sur une seconde plaque de plâtre très-sèche, et au bout de dix à quinze jours, selon son état de dessiccation, on la renverse sur une plaque de terre cuite, et on la porte dans le four à dégourdir, où on la place sous une inclinaison de 45°. Lorsque les plaques ont des dimensions un peu considérables, leur fabrication est très-délicate et offre de nombreuses difficultés. Le coulage des tubes se fait dans des moules formés de deux coquilles, que l'on réunit ensemble et que l'on dispose verticalement; on bouche la partie inférieure du moule avec un tampon de peau légèrement conique. A l'aide d'un baquet à robinet plein de barbotine, on remplit le moule de barbotine; elle s'affaisse un peu, et on la remet de niveau par plusieurs additions successives de matière jusqu'à ce qu'elle ne s'affaisse plus sensiblement; on enlève alors le moule de dessus le tampon, la barbotine non adhérente s'écoule, et il en reste une couche très-mince sur les parois du moule. Lorsque cette couche s'est un peu raffermie, on en superpose une seconde, en ayant soin de retourner le moule, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le tube ait une épaisseur suffisante ; on coupe alors la pâte extérieure au moule pour faciliter le retrait, et, après quelques heures, la pâte est assez raffermie pour que l'on puisse opérer le démoulage; les bavures de la jonction des deux coquilles du moule s'enlèvent après coup. Lorsque l'on a à faire des pièces creuses d'un diamètre ou d'une hauteur considérable, on les coule en syphon, de bas en haut, soit par la simple pression due à la différence du niveau, soit en refoulant la barbotine au moyen d'un piston. Le coulage des cornues et autres pièces à courbures se fait différemment: le moule est à deux coquilles; on surmonte chacune d'elles d'une fausse coquille en métal ou autre matière non absorbante, et on coule séparément la barbotine dans chaque coquille; dès que la couche de pâte déposée est assez épaisse, on ôte les deux fausses coquilles, et on réunit les deux coquilles en écrasant le petit rebord de pâte saillant, et en cimentant ainsi parfaitement les jointures; on termine enfin en passant dans la pièce un peu de barbotine que l'on déverse ensuite par l'ouverture.

Les pièces ébauchées par les procédés qui viennent d'être décrits sont terminées par le rachevage, qui comprend une série d'opérations variables suivant la nature de ces pièces. Les pièces ébauchées sur le tour à axe vertical sont terminées et polies sur un tour à axe horizontal ou vertical, au moyen d'outils d'acier ou tournassins; c'est ainsi que se font les filets, les gorges, etc. Cette opération porte le nom de *tournassage*. Certains ornements, par suite des nécessités du moulage, doivent subir un véritable sculptage, analogue à celui que l'on fait aux bronzes moulés. Le *réparage* consiste à enlever les sutures des moules ; l'*évidage* a pour but de faire les jours, qui, dans certaines pièces, comme les corbeilles, n'ont pu se faire par le moulage. Certains ornements se font au moyen du tour à guillocher; d'autres s'impriment avec des molettes ou s'estampent avec des cachets. On n'obtient ainsi que le corps des pièces; les pièces accessoires ou garnitures, telles que les becs, pieds, anses, etc., se font à part par moulage, ou par tirage, à la filière, d'une manière analogue au vermicelle, quand leur section est uniforme. Lorsque le corps de la pièce et la garniture sont également humides, on les réunit aisément avec de la barbotine ; mais lorsqu'elles sont sèches, il faut avoir soin de gommer la barbotine et d'enduire également d'eau gommée, les surfaces d'application.

Glaçures. — Les glaçures sont des enduits susceptibles de se vitrifier à la température de cuisson de la poterie ; elles se divisent en : vernis, enduit plombifère transparent, qui se fond à une basse température ; émail, enduit stannifère opaque; couverte, enduit terreux, qui ne se fond qu'à la température de la cuisson de la pâte. Ces enduits ont pour but de rendre la pâte imperméable et de lui donner un certain éclat. Leur nature doit varier avec celle de la pâte sur laquelle on les applique, ainsi qu'avec la température à laquelle on doit la cuire ; nous en parlerons, par conséquent, à l'article de chaque espèce de poteries. Le posage de ces enduits se fait par immersion, par arrosement ou par volatilisation. Le procédé de posage par immersion ne peut s'appliquer qu'aux pâtes assez poreuses pour absorber l'eau avec avidité, et assez solides pour ne pas se délayer ; on les rend telles en leur faisant subir un commencement de cuisson ou dégourdi ; l'enduit, réduit en poudre extrêmement ténue, est mis en suspension dans l'eau, de manière à former une bouillie très-liquide que l'on agite fréquemment, et

à laquelle on ajoute même un peu de vinaigre qui retarde la précipitation. En passant la pièce à enduire dans le liquide trouble, elle absorbe l'eau qui dépose à sa surface, en pénétrant dans son intérieur, les particules d'enduit qu'elle tenait en suspension. Les parties par lesquelles on tient la pièce ne prennent point de glaçure; on l'ajoute après coup au pinceau. On enlève avec une brosse, ou par grattage, la couverte des parties qui n'en doivent point avoir, soit parce que les pièces se colleraient par ces parties, lors de la cuisson, aux cazettes dans lesquelles on les place, soit pour toute autre cause; lorsque ce sont des ornements qui doivent rester mats, on les enduit d'une réserve en matière grasse : de la graisse fondue ou du suif. Lorsque la pâte est complétement cuite, on ne peut poser la glaçure par immersion; au lieu d'une bouillie très-claire de l'enduit, on en prend une bouillie assez épaisse que l'on promène dans l'intérieur de la pièce à vernir, puis on en fait tomber l'excédant : ce procédé, dit *par arrosement*, s'applique surtout aux porcelaines tendres et aux grès. Quant aux poteries les plus grossières qui ne doivent passer qu'une fois au feu, on les saupoudre simplement avec un enduit plombeux pulvérisé et renfermé dans un nouet (posage par aspersion). Le posage par ventilation consiste à remplir le four ou les cazettes d'une vapeur saline ou métallique, qui réagit sur les pièces portées à une température élevée, et en vitrifie la surface. Lorsqu'on opère sur toute une fournée, on jette dans le four, après avoir fermé toutes les issues, du sel marin qui se volatilise, et vient former, à la surface des pièces, un enduit très-solide et très mince de silicate multiple de soude, alumine, etc. (poteries de grès); dans l'autre cas, on enduit la surface intérieure des cazettes ou étuis, avec la matière volatilisable qui doit produire la glaçure.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que les poteries, glaçure comprise, subissent, soit une seule cuisson, soit une cuisson double. On soumet à une seule cuisson, faite à une basse température, les poteries communes à pâte colorée, que l'on recouvre d'un vernis plombeux transparent; on cuit également à un seul feu, mais à une haute température, les poteries de grès, et quelquefois les porcelaines dures; pour ces dernières, on les dégourdit ordinairement dans un compartiment supérieur du four avant d'appliquer la couverte. Il arrive souvent que la cuisson de la pâte exige une chaleur plus élevée que la glaçure; on cuit alors le biscuit dans l'étage inférieur du four, on y pose la couverte et on la cuit dans l'étage supérieur; tantôt cet enduit est vitro-métallique et transparent (faïence fine, porcelaine tendre), tantôt c'est un émail stannifère opaque (faïence émaillée).

Cuisson des pâtes. — Sauf le cas des briques, qui se cuisent généralement en tas, la cuisson des poteries se fait dans les fours. Les poteries grossières et les faïences communes se cuisent dans des fours ayant la forme d'un demi-cylindre couché ou d'un parallélipipède voûté à la partie supérieure, où sont pratiquées des ouvertures qui font l'office de cheminées; le foyer est inférieur, séparé du laboratoire par une voûte percée de trous par lesquels la flamme se tamise dans l'intérieur du four. Lorsqu'on emploie de la houille, on la charge sur une ou deux grilles; lorsqu'on chauffe au bois, la grille est supprimée et remplacée par une aire plane. La flamme se tamise dans le four par les ouvertures; elle s'échappe ensuite par les carneaux, et se rend dans la cheminée commune. Des regards, bouchés par des briques mobiles ou par tout autre moyen, permettent d'examiner la manière dont se fait la distribution de la flamme dans l'intérieur du four et de la régulariser en bouchant un ou plusieurs des carneaux.

On se servait autrefois pour la cuisson de la porcelaine, et on se sert encore dans certaines localités pour la cuisson des faïences et des poteries de grès, de fours à réverbère, à chauffe latérale, et à cheminée unique placée à l'autre extrémité du four. On peut y développer une température beaucoup plus élevée que dans les fours précédents, mais elle se trouve très-inégalement répartie dans plusieurs parties du fourneau, ce qui est un grave inconvénient.

Actuellement pour la faïence, les grès et surtout les porcelaines, on se sert presque exclusivement de fours cylindriques verticaux dits *fours à alandiers*, parce qu'à leurs bases et sur leur pourtour se trouvent placés un nombre généralement impair de foyers à combustion renversée, qui portent le nom d'alandiers. Nous prendrons pour exemple le four à alandiers employé en Angleterre pour la cuisson des faïences fines.

Les fours à porcelaine ont également un second étage placé au-dessus du premier, et dans lequel s'opère le dégourdi. Nous en avons vu à trois étages superposés, chez MM. Haidinger, en Bohême; la flamme de l'étage inférieur passait successivement dans les deux étages supérieurs, et s'échappait enfin par une cheminée qui s'élevait au-dessus du massif du four; dans l'étage inférieur, on cuit la porcelaine avec sa couverte, on lui donne le grand feu; le dégourdi se fait à l'étage supérieur, dans les cazettes mêmes qui doivent servir plus tard au grand feu; et enfin, l'étage moyen sert à étonner le quartz et le feldspath employés à la fabrication de la pâte.

On a construit dernièrement des fours à alandiers, à plusieurs étages, ayant des alandiers à deux au moins de ces étages; on réalise ainsi une économie notable sur le combustible. C'est dans un four de ce genre, à deux étages de foyers et à huit alandiers, que l'on cuit la porcelaine dure à Sèvres, depuis 1842; il y a un troisième étage, chauffé à flamme perdue, qui sert à dégourdir le biscuit.

Quelques poteries communes peuvent se cuire pêle-mêle dans les fours et en se supportant mutuellement, lorsqu'elles sont en biscuit, c'est-à-dire non recouvertes d'une glaçure; mais, dans le cas contraire, il est indispensable de les séparer au moyen de supports ou même en les plaçant dans des étuis qui les enveloppent entièrement. Ces supports dits *rondeaux* quand ce sont seulement des plaques, étuis ou cazettes, dans les autres cas, sont en pâte grossière, afin de mieux résister aux variations brusques de température, et cette pâte doit être plus difficile à ramollir et par conséquent plus réfractaire que les poteries qu'on doit y placer; on conçoit dès lors que pour certaines poteries qui se cuisent à une température très-élevée, comme les porcelaines et les grès, les supports et étuis ne peuvent se fabriquer qu'avec des argiles extrêmement réfractaires, bien lavées, et auxquelles on ajoute du ciment ou débris d'anciennes cazettes cuites, grossièrement pulvérisées.

L'encastage, ou l'action de placer les pièces à cuire sur des supports ou dans des étuis, varie suivant que la pâte est ou non ramolissable au feu. Lorsque la température de cuisson est insuffisante pour que les poteries se ramollissent au feu, et lorsqu'elles n'ont aucun vernis, tantôt on les empile sur la sole du four, quand les pièces sont assez épaisses pour que celles qui sont à la base puissent supporter sans déformation le poids des espèces supérieures; tantôt, dans le cas contraire, on emploie l'encastage en échappage ou en chapelle, qui consiste à diviser la hauteur du four par plusieurs planchers formés de plaques de terre cuite supportées par des piliers de même nature, et sur lesquelles on entasse les pièces à cuire; tantôt enfin on les met dans des étuis ou cazettes, qui n'ont pour objet que de les garantir de l'action trop immédiate de la flamme, de la fumée et des cendres qui pourraient en altérer ou en colorer la surface : c'est par l'une de ces méthodes que l'on encaste les poteries sans glaçures, comme les poteries grossières, le biscuit de faïence, le dégourdi de porcelaine. Mais si ces poteries sont recouvertes d'un vernis vitrifiable, on les dispose de manière à ce qu'elles ne puissent se toucher et à ce qu'elles aient le moins possible de points de contact avec leurs supports, qui présentent des points ou des arêtes aiguës, et sur lesquels on les place généralement de telle sorte qu'elles se trouvent supportées par trois points : ces supports portent, suivant leur forme, le nom de *permettes*, de *colifichets* ou de *pattes de coq*.

L'encastage des poteries dont la pâte est ramollissable à la température à laquelle s'opère la cuisson, est une chose beaucoup plus délicate. Il est indispensable de soutenir les pièces par une surface ou des points tellement choisis et en nombre suffisant pour qu'il n'y ait presque pas de porte-à-faux ni de parties en saillie susceptibles de se déformer par le ramollissement; il en résulte des difficultés énormes pour la cuisson de certaines pièces, et cette considération a une grande influence sur le choix des formes de cette espèce de poteries; nous y reviendrons en parlant de la porcelaine dure. Les difficultés d'encastage deviennent encore bien plus grandes lorsque ces poteries sont recouvertes d'une espèce qui se cuit au même feu; c'est même pour les éviter en partie, qu'on a fait de la porcelaine tendre dont la glaçure se cuit à une température inférieure à celle qu'exige le biscuit et dans un autre feu. L'encastage terminé, on procède à l'enfournement : ce dernier se fait en charge, quand on entasse seulement les pièces les unes sur les autres (briques, tuiles, poteries communes); en étuis ou cazettes, quand les pièces sont placées dans des étuis que l'on range en piles verticales dans l'intérieur du four (faïences fines, porcelaine); quel que soit le mode d'enfournement employé, il faut que la flamme puisse circuler également et librement entre toutes les pièces. Comme, malgré tous les soins, certaines poteries du four chauffent toujours plus que les autres, on y place les poteries plates qui exigent plus de feu que les poteries creuses et celles qui repassent au feu pour une cause quelconque.

Pour la cuisson de la porcelaine, on emploie généralement du bois séché à l'air; nous avons cependant vu employer du lignite, en Bohême, et de la houille en Saxe. Quant aux autres poteries, le choix du combustible n'est déterminé que par la comparaison de son prix de revient à l'usine avec son effet calorifique.

Les regards qui sont ménagés sur les parois des fours permettent de reconnaître si les foyers ou les alandiers tirent également bien et d'en régulariser la marche; outre la couleur du four, qui suffit souvent à un potier exercé pour reconnaître si la température du four est assez élevée, on l'apprécie, soit au moyen de montres ou petites pièces de poterie, de la même pâte que celle de la fournée, et qu'on a introduites avant la mise en feu dans des parties du four dont on peut aisément les retirer, soit par le glacé que prend une couverte mise sur cette pâte, ou la nuance que certains vernis colorés prennent à différentes températures : le premier procédé accuse, outre la température du four, l'état de cuisson de la fournée.

POTERIES DE GRÈS. — Cette poterie est à pâte dense, très-dure, sonore, opaque, à grain plus ou moins fin; on doit en distinguer deux sortes, les grès cérames communs et les grès cérames fins.

Pour les grès communs, la pâte se compose d'argile plastique non lavée, dégraissée avec du sable quartzeux. Cette pâte est très-plastique et se façonne aisément par moulage ou sur le tour; la plupart des pièces, comme les pots à beurre, les bouteilles, les touries à acides, etc., se font sur le tour; les bombonnes, les cornues, etc., se font par le moulage. La cuisson est presque

toujours simple et se fait à une température élevée (100 à 120 degrés pyrométriques), dans des fours à réverbère en demi-cylindre couché, à sole horizontale ou peu inclinée. L'encastage et l'enfournement se font en charge ou en échappade. On cuit au bois ou à la houille, mais on finit toujours au bois, lorsqu'on veut couvrir la poterie d'un lustre silicico-alcalin; dans ce dernier cas, on produit ce lustre en jetant dans le four, à plusieurs reprises et pendant la période du grand feu, du sel marin qui se volatilise et vient réagir sur la face des poteries qu'il recouvre d'une couche très-mince de silicico-aluminate de soude; il paraît que le sel dit de *Terre-Neuve*, qui a servi à saler la morue, est meilleur pour cet usage que le sel gris ordinaire; on jette quelquefois une certaine quantité de sel dans la chauffe même. Souvent les grès communs ne sont pas lustrés, en les plongeant en tout ou en partie dans de l'eau tenant en suspension de l'ocre jaune d'un ton plus ou moins bronzé et plus ou moins jaune. Les grès cérames fins diffèrent essentiellement des précédents par la composition de leur pâte et celle de leur glaçure. On ajoute toujours à la pâte une certaine quantité de fondant feldspathique ou autre qui en lie les parties plus intimement et lui donne une cassure un peu laissante; sa composition est du reste très-variable, suivant les localités : nous en donnerons quelques exemples.

Composition des pâtes de gres cérames fins.

1° Pâte de grès-cérame blanc (M. Brongniart).

Argile plastique de Dreux.	0,25
Kaolin argileux de Saint-Yrieix.	0,25
Feldspath de Saint-Yrieix.	0,50
	1,00

2° Pâte de grès-cérame destinée à recevoir diverses colorations (Saint-Amand).

Kaolin.	0,14
Argile plastique.	0,14
Silex.	0,15
Pegmatite altérée.	0,27
Sulfate de chaux.	0,21
Sulfate de barite.	0,09
	1,00

3° Pâte de grès-cérame noir (Aikin).

Kaolin.	0,02
Argile plastique.	0,48
Ocre calcinée.	0,43
Manganèse.	0,07
	1,00

Le prix assez élevé de cette sorte de poterie permet une préparation et un façonnage soigné de la pâte. La cuisson se fait dans des fours cylindriques verticaux à alandiers, comme ceux employés pour la faïence fine, chauffés au bois ou à la houille; l'encastage a lieu en cazettes et on y soutient les pièces au moyen de colifichets.

Souvent ces poteries ne reçoivent aucune glaçure; d'autres fois on se contente d'enduire l'intérieur des cazettes avec un mélange de :

Sel marin.	0,67
Potasse.	0,28
Minium.	0,05
	1,00

qui en se volatilisant, pendant la cuisson, vitrifie superficiellement la surface des pièces; enfin on emploie quelquefois une glaçure vitro-plombeuse, analogue à celle des faïences fines, que l'on pose sur le biscuit de grès par immersion ou arrosement, et que l'on cuit ensuite, à un second feu et à une basse température. Voici, d'après M. Saint-Amand, la composition d'une de ces glaçures :

Feldspath.	0,35
Sable quartzeux.	0,25
Minium.	0,20
Potasse.	0,05
Borax calciné	0,15
	1,00

On pose souvent à l'intérieur seulement des grès noirs la glaçure suivante :

Minium.	0,84
Silex.	0,14
Oxyde de Manganèse.	0,02
	1,00

Les pièces recouvertes de ces enduits plombifères, sont susceptibles d'être richement décorées avec des lustres métalliques ou des ornements en couleurs très-variées. C'est au célèbre Wedgwood que la fabrication des grès-cérames fins doit ses plus importants progrès. On en fait actuellement d'une rare beauté dans la fabrique que M. Ziégler, un de nos peintres les plus distingués, a établie récemment en France, à Vaisinlieu, près Beauvais.

Des tuyaux de conduite en grès. — Les tuyaux de grès se faisaient autrefois sur le tour, actuellement on les fait à la presse. Cette presse consiste en une boîte cylindrique en fonte dans laquelle on met l'argile; la partie inférieure de cette boîte se raccorde avec un cylindre qui doit former la partie extérieure du tuyau par une partie conique dans laquelle se trouve fixé un couteau transversal à lames dentelées qui supporte le noyau. La boîte est souvent fixée sur un chariot, qui en porte plusieurs, que l'on amène successivement pleines d'argile, au fur et à mesure qu'il en est besoin, au-dessus de la partie conique dont nous venons de parler. Un piston, plein, métallique, mû par une vis, sert à refouler l'argile, qui est d'abord découpée en deux parties par le couteau à lames dentelées; le refoulement dans la partie conique fait ensuite rapprocher et réunir ces parties qui, en passant entre le noyau et le cylindre qui l'enveloppe, forment un tuyau cylindrique susceptible de recevoir une longueur indéfinie. Souvent pour diminuer le frottement et pouvoir employer un piston qui joue facilement dans

la boîte, on place dans celle-ci et sur son contour, au-dessus de l'argile, un anneau en corde de chanvre à peine tordue. On reçoit les tuyaux obtenus dans une gouttière en bois demi-cylindrique, assez inclinée pour que le tuyau s'avance sans frottement; si elle était verticale le tuyau se romprait sous son propre poids. On donne généralement à ces tuyaux 1m,50 à 2m,00 de longueur. On les cuit d'abord en grès, sans aucune glaçure dans des fours carrés, où on les place verticalement sur plusieurs étages. On augmente leur imperméabilité en les recouvrant intérieurement d'un vernis plombifère, ce qui exige, dans ce cas, une seconde cuisson. *Voy.* pour les détails techniques l'art. POTERIE, dont celui-ci, écrit par le même auteur, n'est qu'un corollaire.

POTERIES TENDRES. — On en distingue de deux sortes : les *poteries lustrées* ou poteries antiques, et les *poteries vernissées*. Nous donnerons, d'après le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, un court aperçu de ces espèces de poteries.

Poteries tendres lustrées. — Ces poteries sont cuites à une très-basse température; leur pâte est fine, bien homogène, opaque, à cassure matte, colorée en jaune ou en rouge, et recouverte à la surface d'un lustre ou enduit vitreux particulier, très-mince et très-résistant, tantôt rougeâtre, tantôt d'un beau noir, essentiellement composé de silice, rendue fusible par l'addition d'un alcali, et colorée par un oxyde métallique introduit dans sa composition, ou qu'elle prend dans la pâte qu'elle recouvre. Les poteries *campaniennes*, improprement désignées sous le nom de *poteries étrusques*, et les *poteries grecques anciennes*, apartiennent à cette classe de poteries, qui n'est plus fabriquée nulle part de nos jours, de sorte que nous la citerons ici pour mémoire.

Poteries tendres vernissées. — Ces poteries, qui constituent actuellement la poterie commune, ne paraissent guère dater que de la fin du moyen âge, quelque temps avant la faïence. Leur pâte est composée d'argile figuline, de marne argileuse et de sable; lorsqu'elle ne renferme pas de calcaire, on en ajoute. Aux environs de Paris, elle se compose de quatre parties d'argile plastique et d'une partie de sable siliceux mélangé naturellement d'un peu de marne ferrugineuse. La fabrication se réduit à l'ébauchage sur le tour. La cuisson est ordinairement double et se fait dans un four en demi-cylindre couché, dans lequel on enfourne les pièces en charge ou en échappade. Le vernis plombifère dont on les recouvre se compose ordinairement, quand il est jaune, d'environ cinq parties de minium, litharge ou galène, une partie d'argile plastique et une partie de sable siliceux; on le colore en brun par du peroxyde de manganèse et en vert par des battitures de cuivre rouge. Ces poteries sont d'un prix très-modique et vont assez bien sur le feu sans se briser; mais leur vernis est souvent fort tendre, facilement altérable, et peut alors être nuisible à la santé.

POUDRE A CANON. — Ce nom s'applique indistinctement aux poudres employées pour les armes à feu, et à celles dont on fait usage pour le service des mines. C'est un composé de salpêtre, de soufre et de charbon. Nulle découverte peut-être n'a plus contribué aux progrès de la civilisation que celle de la poudre, invention qui, en déplaçant la force, a permis aux souverains de l'Europe de former un grand tout de provinces jusqu'alors décousues; a rétabli l'équilibre entre le faible et l'homme fort *bardé de fer*, et a enfin amené le triomphe de l'intelligence sur la force *purement brutale.*

Nous avons eu jusqu'ici à faire de nombreux emprunts à l'excellent ouvrage de M. Figuier, intitulé : *Découvertes modernes*; nous ne pourrions, cette fois encore, choisir un guide plus sûr, ni d'une critique plus éclairée ou plus impartiale. Nous transcrivons donc en entier le chapitre que cet auteur a donné sur la poudre :

« Les contes ridicules qui sont débités chaque jour sur l'origine de la poudre à canon sont un triste et frappant témoignage des préjugés qui remplissent encore l'histoire des sciences, et de l'état imparfait et chétif dans lequel a vécu jusqu'à ce jour cette branche de nos connaissances. Les historiens les plus érudits et les plus graves continuent à attribuer à Roger Bacon la découverte de la poudre, et au moine Berthold Schwartz la création de l'artillerie. S'ils veulent cependant témoigner de connaissances plus précises sur ce sujet, ils se hâtent d'ajouter que l'artillerie a été mise en usage pour la première fois par les Vénitiens, au siége de Chiozza en 1380, et qu'en France, un seigneur allemand fit présent à Charles VI de six pièces d'artillerie de fer qui furent employées, en 1382, à la bataille de Rosbecque contre les Gantois. Quand ils veulent enfin obtenir un brevet d'érudition spéciale sur la matière, nos écrivains abordent les récits du feu grégeois, et c'est alors qu'arrivent toutes ces belles histoires sur ce terrible feu *qui embrasait avec une horrible explosion des bataillons, des édifices entiers* (1); — *qui dévorait les soldats et leurs armes* (2); — *que l'eau nourrissait au lieu de l'éteindre* (3); — *que l'on ne pouvait éteindre que par le sable ou le vinaigre* (4); enfin, dont la composition s'est perdue au XIVe siècle et n'a jamais été retrouvée.

« En vérité, on se demande, à la lecture de tant d'assertions erronées, comment on a pu altérer et obscurcir à ce point une question aussi simple. Rien de plus simple, en

(1) Lebeau, *Histoire du Bas-Empire*, t. XIII, p. 106.
(2) Michaud, *Histoire des croisades*, t. III, p. 223, édit. 1828.
(3) Gibbon, t. X, p. 356, édit. 1828.
(4) Libri, *Rapport du comité historique des sciences* (5 décembre 1838.)

effet, que la découverte de la poudre à canon; quelques mots suffisent pour en résumer les faits généraux. De tout temps, dès l'antiquité la plus haute, le feu a été l'un des moyens d'attaque en usage à la guerre. Les écrivains latins nous ont transmis la description de certains mélanges inflammables qu'on lançait à l'ennemi avec des machines, ou que l'on attachait aux flèches et aux dards. Cette branche de l'art de la guerre fit peu de progrès en Europe, mais il en fut autrement en Asie. Les mélanges incendiaires déjà employés en Orient avant l'expédition d'Alexandre, reçurent dans ces contrées un développement extraordinaire; ils devinrent l'arme principale des combats. Au VIIe siècle, les feux de guerre furent transportés chez les Grecs du Bas-Empire et de là chez les Arabes. On connaît tous les avantages que retirèrent les Grecs, dans leurs guerres maritimes, de ces mélanges combustibles, qui prirent alors le nom de *feu grec* ou de *feu grégeois*. On sait également que, durant la période des croisades, les Arabes d'Afrique reçurent un puissant secours de l'emploi de ces mélanges inflammables dont les effets inattendus produisaient sur les chrétiens l'impression de la plus profonde terreur. Le feu grégeois ne fut jamais entre les mains des Arabes et des Grecs qu'un moyen de provoquer et de propager l'incendie, qu'une manière de multiplier les formes sous lesquelles le feu peut être employé comme agent offensif dans les combats. Mais il finit par se répandre en Europe, et dès lors une révolution complète s'opéra dans sa préparation et ses usages. On apprit à préparer et à purifier le salpêtre; et ce sel, ajouté aux ingrédients primitifs des mélanges incendiaires, accrut énormément leur puissance combustible. La propriété explosive des mélanges salpêtrés ne tarda pas à être reconnue; elle fut appliquée à l'art de lancer au loin des projectiles, et c'est ainsi que, vers la moitié du XIVe siècle, l'artillerie prit naissance en Europe.

« Telle est en quelques mots l'origine de la poudre à canon des temps modernes. A cette question : Quel est l'auteur de la découverte de la poudre?— question si souvent posée et en des termes si divers, — on ne peut donc répondre que par cette autre question de Voltaire : «Qui le premier inventa le bateau ?» Personne n'a découvert la poudre, ou pour mieux dire tout le monde l'a découverte. C'est à la suite des perfectionnements successifs lentement apportés à la préparation des mélanges incendiaires, que se sont révélées peu à peu leur propriété explosive et leur force de projection; ce n'est donc qu'après plusieurs siècles d'expériences et d'efforts que l'on a pu créer cet agent terrible, qui, en déplaçant dans les armées le siége de la force, a révolutionné l'art des combats.

« En retraçant sommairement l'histoire de l'origine et des premiers emplois de la poudre à canon, nous avons indiqué par cela même l'ordre et le plan de cette étude. Toutefois, il est nécessaire, avant d'aller plus loin, d'établir à quelles sources ont été puisés les faits qui vont nous occuper. En 1845, MM. Rainaud et Favé ont publié sous ce titre : *Du feu grégeois et des feux de guerre*, un ouvrage d'une excellente érudition, rempli des plus consciencieuses recherches. L'interprétation des textes arabes et l'étude attentive des auteurs grecs et latins qui ont laissé des ouvrages de pyrotechnie, leur ont permis de jeter un grand jour sur la nature des mélanges incendiaires employés en Orient, et sur l'origine de notre poudre à canon. Antérieurement, M. Ludovic Lalanne, dans un mémoire couronné par l'Académie des inscriptions et belles-lettres, avait su, par une heureuse combinaison de textes originaux, éclaircir l'histoire du feu grégeois, et fournir des renseignements pleins d'intérêt sur les effets de cette composition célèbre. Enfin M. Lacabane, dans une dissertation sur l'*Introduction en France de la poudre à canon*, publiée en 1844, dans la *Bibliothèque de l'école des chartes*, a mis au jour d'utiles documents sur cette dernière question. Ces travaux remarquables ont fait justice d'erreurs que les siècles avaient consacrées. Malheureusement leur forme un peu aride ou certains défauts d'exposition avaient empêché le public et les savants eux-mêmes de bien apprécier toute leur importance, et nous serons heureux si le résumé que nous en donnerons offre assez de précision et de clarté pour dissiper les préjugés nombreux qui continuent de régner sur cette curieuse partie de l'histoire des sciences. »

Emploi des feux de guerre chez les Orientaux. — Leur introduction en Europe au VIIe *siècle. — Composition du feu grégeois. — Moyens employés par les Grecs du Bas-Empire pour l'emploi du feu grégeois dans les combats maritimes.* — « La plupart des grandes inventions qui commencèrent au moyen âge l'affranchissement moral de l'humanité sont originaires de l'Orient. Ecloses sous le ciel de l'Asie, elles y demeurèrent des siècles entiers dans un état d'enfance; mais une fois établies sur le sol de l'Europe, secondées dès lors par l'active imagination et le génie des Occidentaux, elles ne tardèrent pas à s'y perfectionner et à recevoir les applications les plus étendues. Toutes ces créations nouvelles, qui devaient tranformer les forces actives de la société et changer la destinée des peuples, existaient en germes dans l'orient de l'Asie. La nature, si riche et si féconde sous le ciel de ces contrées, offrait spontanément à l'observation certains faits qui, pour ainsi dire, apportaient avec eux leurs conséquences visibles. L'esprit des Orientaux sut de bonne heure les saisir; mais il fut impuissant à rien ajouter à ces données élémentaires. Arrêtées dès leur naissance, ces premières notions sommeillèrent pendant dix siècles. Il fallait les facultés actives des nations européennes pour en retirer tout le parti que l'on devait en attendre. Telle est l'histoire de l'invention de l'IMPRIMERIE, de la découverte de la Bous-

SOLE, de la fabrication du **PAPIER** (*Voy.* ces mots) ; telle est aussi l'histoire de ces mélanges incendiaires qui, en usage chez les Orientaux dès les temps les plus reculés, ne reçurent qu'en Europe les modifications et les perfectionnements divers qui devaient donner naissance à notre poudre à canon.

« Le naphte, l'huile de naphte et quelques autres combustibles de la même nature sont, en Asie, des produits naturels très-abondants ; il est donc tout simple que les Orientaux aient eu de bonne heure l'idée de s'en servir comme agents offensifs. Mélangés avec des substances résineuses, du goudron, des huiles, et différents corps gras combustibles, ils servaient à préparer divers mélanges inflammables que les Chinois, les Indiens et les Mongols ont consacrés depuis les temps les plus reculés aux usages de la guerre. Ces mélanges combustibles avaient la propriété d'adhérer aux objets contre lesquels on les projetait, et constituaient ainsi un moyen assez dangereux d'attaque. Si l'on considère, d'ailleurs, que la sécheresse et la chaleur du climat de l'Asie rendaient ces agents de guerre plus efficaces et plus désastreux, on comprendra que les compositions de ce genre soient bientôt devenues d'un usage général chez les Chinois, les Indiens et les Mongols. Cependant, il faut le dire, on a beaucoup exagéré le degré de perfection auxquels les feux de guerre seraient parvenus chez les Chinois. Le P. Amyot (1), le savant Abel Rémusat (2), ont voulu établir que tous les emplois actuels de la poudre avaient été connus dans le céleste empire, et que dès le Xe siècle on y faisait usage de canons. MM. Reinaud et Favé ont parfaitement prouvé que toutes les connaissances pyrotechniques des Chinois se réduisaient à l'emploi du pétard et de la fusée, dont ils tiraient parti dans les feux d'artifice, et que leurs moyens de guerre se bornaient aux mélanges combustibles. Le P. Amyot nous a laissé une longue description des diverses machines qui servaient à jeter les compositions incendiaires. Les *flèches de feu*, les *nids d'abeille*, le *tonnerre de la terre*, le *feu dévorant*, la *ruche d'abeille*, le *tuyau de feu*, etc., étaient autant d'instruments ou d'engins divers destinés à lancer des flammes contre l'ennemi.

« Personne n'ignore, d'un autre côté, que chez les Indiens les feux d'artifice étaient connus depuis un temps immémorial et faisaient partie de toutes les réjouissances publiques. On a trouvé, dans des contrées très-reculées des Indes, où les Européens n'avaient jamais pénétré, des espèces de fusées volantes que les naturels employaient à la guerre. L'usage, chez les Indiens, de mélanges analogues, remonte d'ailleurs aux temps les plus reculés. Un commentaire des *Vedas* ou livres sacrés des Indoux attribue l'invention des armes à feu à un artiste nommé Visvacarma, le Vulcain des Indiens, qui fabriqua, disent les livres sacrés, les traits employés dans la guerre des bons et des mauvais génies. Le code des Gentoux défend l'usage des armes à feu ; or les lois rassemblées dans cette compilation datent de la plus haute antiquité et se perdent même dans la nuit des temps. Ce n'est qu'au VIIe siècle que les mélanges incendiaires, depuis si longtemps en usage chez les Orientaux, furent introduits en Europe. Callinique, architecte syrien, avait appris à connaître en Asie la composition et le mode d'emploi de ces substances. C'est à lui que les Grecs du Bas-Empire durent la connaissance de ces composés, qui furent désignés depuis ce moment sous le nom de *feu grégeois*, et qui devaient exercer une influence si puissante sur les destinées de l'empire d'Orient.

« Callinique se trouvait en Syrie lorsque, en 674, pendant la cinquième année du règne de Constantin Pogonat, les Arabes, sous la conduite du calife Mouraïa, vinrent mettre le siége devant Constantinople. Callinique, passant secrètement dans le parti des Grecs, se rendit dans la capitale de l'empire, et vint faire connaître à Constantin les propriétés et le mode d'emploi des compositions incendiaires dont il se dit l'inventeur. Grâce à ce secours inattendu, l'empereur put repousser l'invasion des Sarrasins, qui, pendant cinq années consécutives, revinrent avec des forces nouvelles et des flottes considérables, mais furent chaque fois contraints de lever le siége.

« Depuis le IXe siècle jusqu'à la prise de Constantinople par les Croisés en 1204, les Byzantins durent au feu grégeois de nombreuses victoires navales qui retardèrent la chute de l'empire d'Orient. Aussi les empereurs apportaient-ils la plus sévère attention à réserver pour leurs seuls États la possession de cet agent précieux. Ils ne confiaient sa préparation qu'à un seul ingénieur qui ne devait jamais sortir de Constantinople, et, selon M. Lalanne, cette fabrication était exclusivement réservée à la famille et aux descendants de Callinique. La préparation du feu grégeois fut mise au rang des secrets d'Etat par Constantin Porphyrogénète qui déclara infâme et indigne du nom de chrétien celui qui violerait cet ordre.

« Tu dois par-dessus toute chose, dit « l'empereur à son fils, dans son traité de « l'*Administration de l'empire*, porter tes soins « et ton attention sur le feu liquide qui se « lance au moyen de tubes ; et si on ose te le « demander, comme on l'a fait souvent à « nous-même, tu dois repousser et rejeter « cette prière, en répondant que ce feu a été « montré et révélé par un ange au grand « et saint premier empereur chrétien Cons- « tantin (1). Par ce message et par l'ange

(1) *Mémoires concernant les sciences et les arts des Chinois*, t. VIII. p. 331.

(2) *Relations diplomatiques des princes chrétiens avec les rois de Perse.* (*Mémoires de l'Académie des inscriptions*, t. VII, p. 416)

(1) Cependant l'empereur se contredit plus loin lorsque, dans un autre passage de son livre, il rap.

« lui-même, il lui fut enjoint, selon le témoi« gnage authentique de nos pères et de nos « ancêtres, de ne préparer ce feu que pour « les seuls chrétiens, dans la seule ville « impériale, et jamais ailleurs ; de ne le « transmettre et de ne l'enseigner jamais « à aucune autre nation quelle qu'elle fût.

« Alors le grand empereur, pour se précau« tionner contre ses successeurs, fit graver « sur la sainte table de l'église de Dieu des « imprécations contre celui qui oserait le « communiquer à un peuple étranger. Il « prescrivit que le traître fût regardé comme « indigne du nom de chrétien, de toute « charge et de tout honneur ; que s'il avait « quelque dignité, il en fût dépouillé. Il « déclara anathème dans les siècles des « siècles, il déclara infâme, n'importe quel « qu'il fût, empereur, patriarche, prince ou « sujet, celui qui aurait essayé de violer « une telle loi. Il ordonna en outre à tous « les hommes ayant la crainte et l'amour de « Dieu, de traiter le prévaricateur comme « un ennemi public, de le condamner et de « le livrer à un supplice vengeur. Pourtant « une fois il arriva (le crime se glissant tou« jours partout) que l'un de nos grands, « gagné par d'immenses présents, commu« niqua ce feu à un étranger ; mais Dieu « ne put supporter de voir un pareil forfait « impuni, et un jour que le coupable était « près d'entrer dans la sainte église du Sei« gneur, une flamme descendue du ciel « l'enveloppa et le dévora. Tous les esprits « furent saisis de terreur, et nul n'osa désor« mais, quel que fût son rang, projeter un « pareil crime, et encore moins le mettre à « exécution. »

« On observa ces injonctions sévères et le secret de la préparation du feu grégeois resta fidèlement gardé. Quand les princes d'Occident obtinrent de Constantinople le secours du feu grégeois, au lieu de leur communiquer les recettes de sa préparation, on leur envoyait les navires tout appareillés de ce produit.

« Quelle était la composition du feu grégeois ? Sous quelle forme, par quels artifices particuliers fut-il employé à la guerre ? Le feu grégeois était formé par la réunion de plusieurs substances grasses ou résineuses d'une combustibilité excessive ; le naphte, le goudron, le soufre, la résine, l'huile, les graisses, les sucs desséchés de certaines plantes et les métaux réduits en poudre étaient ses ingrédients ordinaires. Selon de nouvelles recherches, publiées en 1849, par MM. Reinaud et Favé, dans le *Journal asiatique*, le salpêtre n'en faisait pas encore partie. Ce n'est que plus tard que l'on apprit à retirer ce sel des terres où il se forme naturellement et que l'on eut l'idée de l'ajouter aux matières primitives. Voici l'une des recettes citées par MM. Reinaud et Favé d'un manuscrit arabe de la bibliothèque de Leyde qui remonte à l'an 1225 de Jésus-Christ, intitulé : *Traité des ruses, des guerres, de la prise des villes et de la défense des défilés, d'après les instructions d'Alexandre fils de Philippe* (1). « Feu qui brûle sur l'eau : Tu « prendras de la résine ainsi que de la paille « et de la poix noire et tu les feras cuire en« semble ; quand le mélange sera fondu, tu « y verseras du naphte blanc ; ensuite tu le « répandras dans de l'eau quelle qu'elle « soit. Si tu veux que la flamme soit bien « pure, il faut ajouter du soufre et de la « colophane. »

« Il serait inutile de citer d'autres formules. Les recettes pour la préparation des compositions incendiaires chez les Grecs se résument toujours dans un mélange de soufre et de diverses substances de nature grasse ou résineuse, dont les proportions varient de mille manières. Quel était le mode d'emploi de ces compositions combustibles, pour les usages de la guerre ? Le feu grégeois fut surtout employé chez les Grecs du Bas-Empire pour la guerre de siége et pour les combats maritimes. Dans les siéges on lançait le feu grégeois avec des balistes, des mangonneaux ou des arbalètes contre les travaux de défense, les tours en bois, etc., que l'on voulait incendier. Dans les batailles navales, on disposait des brûlots remplis de cette matière enflammée, qui, poussés par un vent favorable, allaient consumer les vaisseaux ennemis. On disposait aussi sur la proue des navires de grands tubes de cuivre ou d'airain à l'aide desquels on lançait le feu grégeois dans l'intérieur des vaisseaux ; en outre, les soldats embarqués à leur bord étaient armés de *tubes à main* qui servaient au même usage. Quelquefois on renfermait le mélange dans des fioles de verre ou dans des pots de terre vernissée, que l'on jetait à la main après en avoir allumé la mèche. C'est ce que montrent clairement les textes originaux sur lesquels M. Lalanne a appelé l'attention dans son beau mémoire sur le feu grégeois. Voici quelques passages de ces textes curieux.

« L'empereur Léon le Philosophe, qui écrivit vers l'an 900 son livre des *Institutions militaires*, donne en ces termes les détails précis sur l'emploi du feu grégeois dans les combats maritimes.

« Nous tenons, tant des anciens que des « modernes, divers expédients pour dé« truire les vaisseaux ennemis ou nuire aux « équipages. Tels sont ces feux préparés « dans des tubes, d'où ils partent avec un « bruit de tonnerre et une fumée enflammée « qui va brûler les vaisseaux sur lesquels « on les envoie.....

« ..... Vous mettrez sur le devant de la « proue un tube couvert d'airain pour « lancer des feux sur les ennemis ; au« dessus vous ferez une petite plate-forme « de charpente entourée d'un parapet et de « madriers. On y placera des soldats pour

porte à Callinique l'invention du feu grégeois. Il justifie ainsi le jugement de Lebeau qui appelle ce prince : *un grand conteur de fables*.

(1) *Journal asiatique*, 1849, n° 16.

« combattre de là et lancer des traits. On « élève dans les grandes dromones (1) des « châteaux de bois sur le milieu du pont. « Les soldats qu'on y met jettent dans les « vaisseaux ennemis de grosses pierres, ou « des masses de fer pointues, par la chute « desquelles ils brisent le navire ou écrasent « ceux qui se trouvent dessous; ou bien ils « jettent des feux pour les brûler..... Il faut « préparer surtout des vases pleins de ma« tières enflammées, qui, en se brisant par « leur chute, doivent mettre le feu au vais« seau. On se servira aussi de petits *tubes à « main*, que les soldats portent derrière les « boucliers et que nous faisons fabriquer « nous-même : ils renferment un feu pré« paré qu'on lance au visage des ennemis... « On jette aussi avec un mangonneau de la « poix liquide et brûlante, ou quelque autre « matière préparée.

« ... Il y a plusieurs autres moyens qui « ont été donnés par les anciens, sans « compter ceux qu'on peut imaginer et « qu'il serait trop long de rapporter ici. Il y « en a même tels qu'il est à propos de ne « pas divulguer de peur que les ennemis « venant à les connaître, ne prennent des « précautions pour s'en garantir, et ne s'en « servent eux-mêmes contre nous (2). »

« Marcus, auteur grec dont la personnalité est fort incertaine, mais qui, selon MM. Reinaud et Favé, a écrit dans la première moitié du XIIIe siècle, fait connaître dans son *Livre des feux pour brûler les ennemis* (*Liber ignium ad comburendos hostes*), les moyens employés par les Grecs du Bas-Empire pour incendier les vaisseaux.

« Prenez, dit Marcus, de la sandaraque « pure une livre, du sel ammoniac dissous, « même quantité; faites de tout cela une « pâte que vous chaufferez dans un vase de « terre verni et luté soigneusement. Vous « continuerez à chauffer jusqu'à ce que la « matière ait acquis la consistance du « beurre; ce qu'il est facile de voir en « introduisant par l'ouverture du vase une « baguette de bois à laquelle la matière « s'attache. Après cela vous y ajouterez « quatre livres de poix liquide. On évite, à « cause du danger, de faire cette préparation « dans l'intérieur d'une maison. Si l'on veut « opérer sur mer, on prendra une outre, « une peau de chèvre, dans laquelle on « mettra deux livres de la composition que « nous venons de décrire, dans le cas où « l'ennemi est à proximité; on en mettra « davantage si l'ennemi est à une plus « grande distance. On attache ensuite cette « outre à une broche en fer, dont toute la « partie inférieure est elle-même enduite « d'une matière huileuse; enfin on place « sous cette outre une planche de bois pro« portionnée à l'épaisseur de la broche et « on y met le feu sur le rivage. L'huile s'al« lume, découle sur la planche, et l'appa« reil marchant sur les eaux, met en com« bustion tout ce qu'il rencontre (1). »

(1) Navires de course.

(2) *Institutions militaires de l'empereur Léon le philosophe*. Traduction de Joly de Mauzeroy, 1778, t. II, p. 137.

« Ainsi ces brûlots n'avaient pas de mouvement propre, ils devaient être dirigés par des nageurs ou poussés par le vent; la broche qui portait les ingrédients inflammables servaient ensuite à fixer, par sa pointe, le feu contre les flancs du vaisseau. Il est certain, comme le remarquent MM. Reinaud et Favé, que cette disposition était très-habilement calculée pour le but qu'elle devait atteindre. Une substance enflammée, suspendue au-dessus de la surface de l'eau, protégée par son élévation contre l'atteinte des vagues et qu'un vent léger suffisait à pousser vers les navires, était sans contredit un moyen d'incendie des plus redoutables, surtout quand on en faisait usage pour la première fois et avant que l'ennemi eût appris à se prémunir contre les attaques de ce genre. « Aujourd'hui, » disent MM. Reinaud et Favé, « l'on possède des « moyens d'incendie qui agissent à de « grandes distances, et l'on n'en connaît peut« être pas d'aussi efficaces à des distances « rapprochées. »

« On voit par ce qui précède, que chez les Grecs du Bas-Empire le feu grégeois fut employé surtout dans les combats sur mer et dans les siéges; dans les combats sur terre, il ne reçut que de rares applications; mais son usage dans la guerre maritime devait avoir reçu des développements bien étendus, puisque, suivant une chronique anonyme citée par M. Lalanne, le nombre des navires armés de feu grégois s'éleva jusqu'à deux mille, dans une expédition entreprise sous Romain le jeune contre les Sarrasins de l'île de Crète. Pour bien comprendre d'ailleurs ses effets, il ne faut pas perdre de vue qu'à cette époque les navires ne pouvaient s'attaquer que de près, et que les combattants en venaient tout de suite à l'abordage. »

« ***Le feu grégeois introduit chez les Arabes au XIIIe siècle. — Son emploi durant les croisades. — Ses véritables effets.*** — Après la prise de Constantinople par les croisés en 1204, la connaissance du feu grégeois se répandit chez les Arabes. Faut-il penser, avec M. Lalanne, que les infidèles en durent la communication à quelque Grec fugitif, ou peut-être même à l'empereur détrôné Alexis III, qui, retiré en 1210 à la cour du sultan d'Iconium, en obtint une armée contre les princes grecs de Nicée, et aurait pu de cette manière chercher à payer au sultan son hospitalité? Il est, selon nous, plus probable que les Arabes empruntèrent aux Chinois l'art des compositions incendiaires. En effet, au VIIe siècle, certains rapports avaient commencé de s'établir entre les Arabes et les Chinois, et ce dernier peuple avait envoyé, au premier siècle de l'hégire, une ambassade à la Mecque. Au VIIIe et au IXe siècle de no-

(1) Traduction de M. Hoefer (*Histoire de la chimie*, t. Ier).

tre ère, les Arabes et les Persans entretenaient avec les Chinois des relations suivies; ces rapports furent repris au milieu du XIIIe siècle, après la conquête de la Chine par les Mongols. Ce fut donc sans doute par cette dernière voie que les Sarrasins, qui avaient tant souffert des mélanges incendiaires, apprirent à leur tour à les manier à leur profit. Quoi qu'il en soit, dès les premières années du XIIIe siècle, nous voyons les Arabes en possession du feu grégeois.

« Les mélanges incendiaires subirent à cette époque un perfectionnement des plus importants dans leur composition. C'est de ce moment, en effet, que date l'introduction du salpêtre dans les substances destinées à provoquer et à propager l'incendie. Le salpêtre est dans plusieurs contrées de l'Asie, mais principalement en Chine, un produit naturel. Il y prend naissance spontanément, aux dépens des éléments de l'air. Formé à la surface du sol, sur les lieux élevés, il est dissous par les eaux pluviales qui l'entraînent le long des pentes, dans le fond des vallées; là il pénètre dans l'intérieur du sol; plus tard, par l'effet de la capillarité, cette dissolution, remontant peu à peu à la surface, y produit des efflorescences salines; il suffit de recueillir ces terres pour en retirer le salpêtre par un simple lessivage à l'eau. Cette opération pratiquée de temps immémorial en Chine, fournit le salpêtre dans un certain état de pureté.

« Ainsi dès les temps les plus reculés, les Chinois eurent connaissance de ce sel; ils observèrent, par conséquent, la propriété dont il jouit de fuser sur les charbons incandescents, c'est-à-dire de les faire brûler avec un très-vif éclat et d'activer la combustion avec une grande énergie. Il est donc tout simple que les Chinois aient eu de bonne heure l'idée d'ajouter le salpêtre à leurs mélanges combustibles. Cependant il est impossible, selon MM. Reinaud et Favé, de fixer avec exactitude à quelle époque les Arabes empruntèrent aux Chinois l'emploi du salpêtre et à quelle époque les Chinois eux-mêmes avaient appris à s'en servir. Il est seulement parfaitement établi qu'avant l'année 1225, date du manuscrit arabe de la bibliothèque de Leyde, que nous avons cité plus haut, les compositions salpêtrées étaient encore ignorées. Mais tous les manuscrits arabes postérieurs à cette date renferment la description d'un grand nombre de recettes dans lesquelles le salpêtre entre comme agent essentiel. D'après les formules rapportées dans ces traités, le feu grégeois employé chez les Sarrasins était formé de la réunion de diverses substances grasses ou résineuses, auxquelles venaient s'ajouter le salpêtre et le soufre. D'autres renfermaient seulement du soufre, du charbon et du salpêtre dans toutes les proportions imaginables. On trouve même indiqué parmi ces derniers le mélange de 12 1/2 de charbon, 12 1/2 de soufre et 75 de salpêtre, qui forme notre poudre à canon.

« Marcus donne les recettes suivantes pour préparer les feux qu'il appelle *feux volants* (1):

« Huile de pétrole, une livre; moelle de « *couna ferula*, six livres: soufre, une livre; « graisse de bélier, une livre; huile de « térébenthine, quantité indéterminée. »

« Les feux volants, dit encore Marcus peu- « vent être faits de deux manières: 1° on « prend une partie de colophane, autant de « soufre et deux parties de salpêtre; on dis- « sout ce mélange pulvérisé dans de l'huile « de lin ou de lamium; on place ensuite cette « composition dans un roseau ou dans un bâ- « ton creux, et l'on y met le feu. Aussitôt il « s'envole vers le but et incendie tout. 2° « On prend une livre de soufre pur, deux « livres de charbon de vigne ou de saule, « six livres de salpêtre; on broie ces subs- « tances avec beaucoup de soin dans un « mortier de marbre. On met ensuite la « quantité que l'on voudra de cette poudre « dans un fourreau destiné à voler dans « l'air ou à éclater. »

« Les Grecs du Bas-Empire avaient surtout appliqué le feu grégeois à la guerre maritime; les Sarrasins n'en firent guère usage que dans les combats sur terre. Mais ils perfectionnèrent beaucoup ce genre d'application, et ce n'est pas sans étonnement qu'on lit dans l'ouvrage de MM. Reinaud et Favé la longue énumération des instruments, des machines, des engins de toutes sortes qui constituaient l'arsenal du feu grégeois. Chez les Arabes, les mélanges incendiaires étaient devenus l'un des principaux moyens d'attaque; on avait étendu leur emploi à toutes les armes, à tous les instruments de guerre. Les Sarrasins attachaient le feu grégeois à leurs lances, à leurs boucliers; ils le lançaient avec des flèches et avec des machines. Le nombre de ces machines était d'ailleurs très-considérable et leur mécanisme très-varié. On employait les *arbalètes à tour* qui lançaient à l'ennemi le mélange enflammé; les *machines à fronde* destinées à jeter divers projectiles remplis de feu grégeois, tels que des pots de terre, des marmites de fer et même des tonneaux. Il y avait encore les *lances à feu* et les *flèches à feu* dont les formes et les dispositions variaient beaucoup; les *massues à asperger*, espèces de torches armées à leur pointe de feu grégeois brûlant, dont on couvrait son ennemi en brisant sur lui la massue; on employait encore des *tubes à main* qui lançaient en avant un jet de matières enflammées à la manière des fusées. En un mot, selon MM. Reinaud et Favé, chez les Arabes, « le feu, considéré comme moyen « de blesser directement son ennemi, était « devenu l'agent principal d'attaque, et ils s'en

(1) Les *feux volants* dont parle Marcus étaient des espèces de fusées très-analogues aux nôtres. On n'en faisait point usage comme arme de guerre; on s'en servait seulement dans les feux d'artifice. On verra plus loin cependant que c'est par l'observation de leurs effets que l'on a été conduit plus tard à imaginer les premières armes à feu destinées à lancer des projectiles.

« servaient peut-être de cent manières diffé-
« rentes (1). »

« Un autre moyen qu'ont employé les Arabes pour tirer parti des composés incendiaires, et jeter le désordre et la terreur dans les armées, consistait à lancer contre les bataillons ennemis des cavaliers montés sur des chevaux enveloppés de flammes. On nous permettra de citer un passage de l'ouvrage de MM. Reinaud et Favé qui explique les moyens employés chez les Arabes pour ce genre d'attaque.

« L'invasion des Tartares donna lieu, disent MM. Reinaud et Favé, chez les musulmans de l'Egypte et de la Syrie, à l'emploi d'un autre moyen qui joua un rôle important, et dont les traités arabes d'art militaire parlent assez au long. On sait que, dès la plus haute antiquité, les Indiens firent usage de substances ou de compositions incendiaires pour faire peur aux éléphants, qui composaient jadis dans l'Inde une partie principale des armées. Ces animaux effrayés répandaient le désordre autour d'eux, et quelquefois il n'en fallait pas davantage pour décider du sort d'une grande bataille. Ce moyen était si bien connu, que, lorsqu'après les conquêtes d'Alexandre les éléphants figurèrent dans les armées occidentales, on l'employa chez les Romains. Les musulmans d'Egypte et de Syrie, vivement pressés par les armées de Houlagou, eurent recours à des moyens analogues pour effrayer les chevaux de l'armée ennemie, et même pour brûler les cavaliers. Des artificiers armés de massues à asperger étaient chargés de répandre la terreur et le trouble par le bruit qu'occasionnait la combustion, et par la menace de répandre une matière brûlante sur le cheval et le cavalier; quelquefois les guerriers portaient sous l'aisselle des flacons de verre remplis de matières incendiaires qu'on lançait sur l'ennemi. Le bout du verre était enduit de soufre. Au moment voulu, on mettait le feu au soufre; le flacon en tombant se brisait, et le cheval avec son cavalier étaient enveloppés de flammes. En même temps, on imagina des vêtements imperméables pour garantir les chevaux consacrés à ce service. »

« On lit le passage suivant dans le manuscrit arabe de Saint-Pétersbourg :

« *Manière d'effrayer la cavalerie ennemie et de la faire fuir.*—Ce procédé est de l'invention d'Alexandre. « Tu revêtiras un bornous de poil, et tu y disposeras des clochettes avec du naphte. Voici comment. Tu prendras un cordon auquel tu attacheras des boutons faits d'étoupe; ce bornous sera imbibé d'huile grasse, depuis la tête jusqu'en bas. Au-dessus de la tête, tu placeras un bonnet de fer garni d'un khesmanat de feutre rouge, que tu arroseras de naphte. Tu prendras à la main une massue à asperger, remplie de colophane en poudre, de sésame, de carthame, de touz et de diverses espèces de graines à huile. Au feutre rouge arrosé de naphte et placé sur la tête on ajoutera des fusées..... Le cheval sera revêtu d'une manière analogue : une couverture de poil lui enveloppera la croupe, le poitrail, le cou et le reste du corps jusqu'au jarret. Il sera aussi chargé de fusées. Tu prendras une lance garnie des deux côtés de feutre rouge et de plusieurs fusées. L'étrier sera garni de quelque chose propre à produire un cliquetis, ou de grosses sonnettes. Le cavalier en s'avançant mettra tout en mouvement. Tu marcheras accompagné de deux hommes à pied, vêtus de noir, et portant des masses à asperger, telles qu'elles ont été décrites. Partout où tu te présenteras, l'ennemi prendra la fuite. Dix cavaliers ainsi équipés feraient fuir une troupe nombreuse. »

« MM. Reinaud et Favé donnent, d'après le même manuscrit, d'autres détails sur ce procédé de guerre :

« *Manière de couvrir le cheval et le cavalier.* —On prend du feutre et l'on y applique une préparation protectrice; puis ce feutre sert de doublure (ou de revêtement extérieur) à la chemise (ou cotte), et aux couvertures (ou caparaçons). Cette préparation se compose de vinaigre de vin, d'argile rouge, de talc dissous, de colle de poisson et de sandaraque. On a soin de bien mouiller la chemise, qui est de gros drap, avant d'y fixer les sonnettes; on mouille aussi la doublure qui est appliquée sur le drap : cette doublure n'est pas autre chose que le feutre qui a reçu la préparation protectrice. Ce procédé est très-propre à effrayer l'ennemi, surtout lorsqu'il est employé pendant la nuit; car il donne une apparence formidable au groupe qui est ainsi revêtu; en effet, l'ennemi ne se doute pas de ce qui est caché sous ce déguisement qui offre, pour ainsi dire, un objet d'une seule pièce. C'est une ressource précieuse pour quiconque veut recourir à ce stratagème. Mais, d'abord, il est indispensable de familiariser son cheval avec un équipement si étrange; autrement, le cheval s'effaroucherait et renverserait son cavalier. Voici le moyen qu'on emploie : on bouche les oreilles du cheval avec du coton; on tient prêtes les fusées..., avec les sonnettes, les massues et les lances; on fait détoner un petit madfaa sur le cheval; on fait fuser les fusées..., ensuite on débouche les oreilles du cheval, l'une après l'autre. Cet essai se fait dans un lieu isolé, pour qu'on ne soit vu de personne. Même quand l'essai est terminé, on ne revêtira les chevaux du caparaçon que dans un lieu à part, et loin de tout regard. Étant ainsi habitués, si l'on veut s'avancer au combat, les chevaux savent où on les mène, et s'animent à l'attaque. S'ils sont poussés contre un corps d'armée, quel qu'il soit, ils le rompent. Mais il faut que, devant chaque cavalier, un homme marche à pied, muni

(1) *Du feu grégeois et des feux de guerre*, p. 51.

« d'une massue à asperger. Ce fut le moyen le « plus efficace qu'on employa pour repousser Houlagou. Les rois doivent entretenir « dans leurs arsenaux ce qui est nécessaire « pour en assurer l'effet, surtout contre les « ennemis de la religion; si quelques-uns « ont négligé ce moyen, c'est qu'ils n'en ont « pas connu la puissance. Quand le cavalier « s'avance vers l'ennemi, les troupes doivent « marcher derrière lui : c'est une raison « pour qu'il évite de revenir sur ses pas; « autrement le désordre se mettrait dans les « rangs, et il s'ensuivrait une défaite. Qu'il « marche sans crainte; personne n'osera « s'opposer à lui, ni avec l'épée, ni avec la « lance. »

« Il est dit, à la fin du passage, ajoutent « MM. Reinaud et Favé, que lorsque l'artificier s'avance vers l'ennemi, toute l'armée « doit se mettre en mouvement après lui. « C'était pour profiter du désordre qui ne « tardait pas à se mettre dans les troupes « ennemies. Une autre chose que l'auteur « arabe ne dit pas, et à laquelle il fallait « veiller, c'est que les matières incendiaires « qui devaient jeter la terreur chez l'ennemi « devaient être assez bien ménagées pour « qu'on eût le temps de produire l'effet voulu « avant qu'elles fussent consumées. Pour « cela, on mesurait la distance que l'artificier avait à franchir; et si l'on avait des « raisons de croire que l'ennemi épargnerait « une partie du chemin, on tenait compte de « la différence. En pareil cas, la tactique de « l'ennemi consistait à déjouer les calculs. « En conséquence, il fallait que le général « qui machinait cette espèce de surprise « mît le plus grand mystère dans l'opération. « C'est ce que fait entendre l'écrivain arabe, « quand il dit que, même après que les chevaux étaient suffisamment dressés, on ne « devait les revêtir du caparaçon chargé d'artifices que dans un lieu dérobé à tous les « regards.

« Voici un exemple sensible de ce qui se « pratiquait à cet égard. On était alors dans « l'année 699 de l'hégire (1321 de Jésus-Christ). L'armée du sultan d'Egypte en vint « aux mains, aux environs d'Emèse en Syrie, « avec l'armée de Gazan, khan des Mongols de « Perse. Suivant l'historien arabe Makrizi, au « moment où l'action allait commencer, Gazan « ordonna à ses troupes de rester immobiles, « et de ne bouger que lorsqu'il en donnerait « le signal. Tout à coup cinq cents mamelouks « égyptiens, choisis parmi les artificiers, sortent des rangs de l'armée, leur naphte allumé, et s'élancent de toute la vitesse de « leurs chevaux; mais, au bout d'un certain « temps, comme les Mongols étaient restés à « leur place, le naphte s'éteint, et les artificiers voient leurs espérances déçues. C'est « alors que Gazan commande la charge (1). »

« Ce ne fut point cependant contre leurs voisins que les Arabes firent surtout usage du feu grégeois. L'art des feux de guerre avait depuis trop longtemps pris racine dans l'Asie pour que les Orientaux n'eussent point appris de bonne heure à se préserver de leur atteinte. Le feu grégeois fut principalement dirigé contre les chrétiens dont les croisades amenaient les incessantes irruptions sur le sol des infidèles. On connaît par les récits des historiens de ces guerres, l'épouvante que ces moyens de combat semaient dans les rangs des croisés. Il est facile de comprendre en effet la surprise et la terreur profonde que devaient éprouver les Occidentaux, habitués aux luttes loyales de leur pays, où le fer n'avait que le fer à combattre, et qui tout d'un coup se trouvaient en face d'une attaque si étrange et si imprévue. Quel que soit le courage du soldat, il n'aime pas à braver les périls dont il ne connaît pas bien la nature; les dangers qui s'environnent d'un caractère surnaturel ou mystérieux glacent les plus intrépides cœurs. Or, l'emploi de ces feux à la guerre avait quelque chose de magique en apparence qui devait très-vivement agir sur leur imagination. Qu'on se représente un chevalier chrétien enfermé dans son armure et qui tout d'un coup voit arriver sur lui, au galop de son cheval, un musulman armé du feu grégeois. Avec la *lance à feu* le Sarrasin dirige la flamme ardente contre le visage de son ennemi; avec la *massue à asperger* il couvre sa cuirasse du mélange enflammé, et le guerrier tremblant, éperdu à cette apparition magique, croit avec horreur se sentir consumé sous son armure brûlante.

« Joinville, dans sa précieuse *Chronique*, nous a laissé de curieux témoignages de l'impression produite par les feux des Sarrasins sur l'armée de saint Louis qui vint porter la guerre sur les bords du Nil en 1248. On nous permettra de reproduire une partie des récits de ce chroniqueur naïf, historien et acteur de ces guerres lointaines. »

« Ung soir advint, dit Joinville, que les « Turcs amenerent ung engin qu'ilz appeloient la perriere, ung terrible engin a malfaire : et le misdrent vis a vis des chaz « chateilz (1) que Messire Gaultier de Curel « et moy guettions de nuyct, par lequel engin il nous gettoient le feu gregeois à « planté, qui estoit la plus orrible chose que « oncques jamés je veisse. Quant le bon chevalier messire Gaultier mon compagnon « vit ce feu, il s'escrie et nous dit : Seigneur « nous sommes perduz a jamais sans nu « remede. Car s'ilz bruslent nos chaz cha-

(1) *Du feu grégeois.* (*Journal asiatique*, nº 16, 1849.)

(1) Les *chaz chateilz* dont parle Joinville étaient probablement des tours de bois dans lesquelles se renfermaient durant la nuit les soldats qui devaient défendre des travaux commencés. Les Français travaillaient à se frayer un passage sur une des branches orientales du Nil. Ils avaient construit une digue pour traverser le fleuve; à droite et à gauche de cette digue ils avaient placé ces *chaz chateils* que les musulmans s'efforçaient d'incendier pendant la nuit, pour empêcher le passage de l'armée ennemie.

« teilz, nous sommes ars et brulez; et si « nous laissons nos gardes, nous som« mes ashontez. Pourquoy je conclu que « nul n'est qui de ce péril nous peust « deffendre, si ce n'est Dieu notre benoist « créateur. Si vous conseille à tous, que, « toutes et quantes foiz qu'ilz nous gette« ront le feu gregeois, que chacun de nous « se gette sur les coudes, et à genoulz: et « erions mercy à nostre Seigneur, en qui est « toute puissance. Et tantoust que les Turcs « getterent le premier coup du feu, nous « nous mismes a coudez et a genoulz, ainsi « que le preudoms nous avoit enseigné. Et « cheut le feu de cette premiere foiz entre « nos deux chaz chateilz, en une place qui « estoit devant, laquelle avoient faicte nos « gens pour estoupper le fleuve. Et inconti« nent fut estaint le feu par ung homme que « nous avions propre a ce faire. La maniere « du feu gregeois estoit telle, qu'il venoit « bien devant aussi gros que ung tonneau, « et de longueur la queue en duroit bien « comme d'une demye canne de quatre pans. « Il foisait tel bruit à venir, qu'il sembloit « que ce fust fouldre qui cheust du ciel, et « me sembloit d'un grant dragon vollant par « l'air; et gettoit si grant clarté, qu'il faisoit « aussi cler dedans nostre ost comme le jour, « tant y avoit grant flamme de feu. Trois « foiz cette nuyctée nous getterent le dit feu « gregeois avec la dicte perriere et quatre foiz « avec l'arbaleste a tour. Et toutes les foiz « que nostre bon roy saint Loys oyoit qu'ils « nous gettoient ainsi ce feu, il se gettoit a « terre, et tendoit ses mains la face levée au « ciel et crioit à haulte voix à nostre Sei« gneur et disoit en pleurant à grans larmes: « *Beau sire Dieu Jésus-Christ*, garde moy et « tout ma gent; et croy moy que ses bonnes « prieres et oraisons nous eurent bon mes« tier. Et davantage, a chacune foiz que le « feu nous estoit cheu devant, il nous en« voyoit ung de ses chambellans, pour sa« voir en quel point nous estions, et si le « feu nous avoit grevez. L'une des foiz que « les Turcs getterent le feu, il cheut de « cousté le chaz chateil que les gens de « monseigneur de Corcenay gardoient, et « ferit en la rive du fleuve, qui estoit la de« vant: et s'en venoit droit à eulz, tout ar« dant. Et tantoust veez cy venir courant « vers moy un chevalier de celle compagnie « qui s'envenoit criant: Aydez-nous, sire, « ou nous sommes tous ars. Car veez y cy « comme une grant haie de feu gregeois, que « les Sarrasins nous ont traict, qui vient « droit à nostre chastel. Tantoust courismes « la, dont besoing leur fust. Car ainsi que « disoit le chevalier, ainsi estoit-il, et es« taignismes le feu a grant ahan et malaise. « Car de l'autre part les Sarrazins nous ti« roient a travers le fleuve trect et pilotz « dont nous étions tous plains (1). »

« Le feu grégeois, dont il est question dans ce curieux passage, était lancé par différentes machines, telles que les *arbalètes à tour*, les *flèches à mangonneau*, etc., dont MM. Reinaud et Favé nous ont restitué avec beaucoup de bonheur les descriptions et les figures. Joinville parle plus loin du feu grégeois lancé directement à la main par des soldats ou des vilains.

« Devant nous avoit deux héraulz du Roy, « dont l'un avoit nom Guilleaume de Bron, et « l'autre Jehan de Gaymaches, auxquelz les « Turcs qui estoient entre le ru et le fleuve, « comme j'ay dit, amenerent tout plain de « villains à pié, gens du pais, qui leur get« toient bonnes mottes de terre, et de gros« ses pierres à tour de braz. Et au darnier, « ils amenerent ung autre villain Turc, qui « leur geeta trois foiz le feu gregeois, et à « l'une des foiz il print à la robe de Guil« leaume de Bron et l'estaignit tantost, dont « besoing lui fust. Car s'il se fust allumé, il « fust tout bruslé (1).

« ....Vous diray tout premier de la ba« taille du conte d'Anjou, qui fust le pre« mier assailly, parce qu'il leur estoit le plus « prouche du cousté de devers Babilone. Et « vindrent a lui en façon de jeu d'eschetz. « Car leurs gens a pié venoient courant sus « a leur gens, et les brusloient de feu gre« geois, qu'ils gectoient avecques instruments « qu'ilz avoient propices... tellement qu'ilz « déconfirent la bataille du conte d'Anjou « lequel estoit a pié entre ses chevaliers a « moult grant malaise. Et quant la nouvelle « en vint au Roy, et qu'on lui eut dit le « meschief ou estoit son frere, le bon Roy « n'eut en lui aucune tempérance de soy « arrester, ne d'attendre nully; mais sou« dain ferit des esperons, et se boute parmy « la bataille l'espée au poing, jusques au « meillieu ou estoit son frere, et tres aspre« ment frappoit sur ces Turcs, et au lieu où « il voit le plus de presse. Et la endura-t-il « maints coups, et lui emplirent les Sarra« zins la culliere de son cheval de feu gre« geois (2)... De l'autre bataille estoit maistre « et capitaine le preudoms et hardy messire « Guy Malvoisin, lequel fust fort blécié en « son corps. Et voians les Sarrazins la grant « conduite et hardiesse qu'il avoit et don« noit en sa bataille, ils lui tiroient le feu « gregeois sans fin, tellement que une foiz « fust, que a grant peine le lui peurent es« taindre ses gens; mais nonobstant ce, « tint-il fort et ferme, sans estre vaincu des « Sarrazins (3). »

« Comme tous les chrétiens dont il partagea les périls, Joinville avait conçu une grande épouvante des effets du feu grégeois, et cette impression est clairement reconnais-

(1) Joinville, *Histoire du roy saint Loys*, 1668, p. 39.

(1) Joinville, *Histoire du roi saint Loys*, p. 46.

(2) Joinville, *ibid.*, p. 52.

(3) Plusieurs autres historiens ont parlé avec détail de ces projectiles incendiaires dont les Arabes tirèrent un si grand parti dans toute la durée des croisades; mais nous nous sommes borne à rappeler les récits de Joinville, dont la fidélité comme chroniqueur est assez établie.

sable dans l'extrême exagération de ses récits. Il faut bien le reconnaître en effet, le feu grégeois qui avait exercé de grands ravages dans l'origine, et quand on l'employait à incendier les navires ou à détruire les travaux de défense des cités, était peu redoutable dans les combats corps à corps. Ce n'était à vrai dire qu'une sorte d'épouvantail. Éminemment propre à incendier des barques, de petits bâtiments, des tours de bois, des palissades, objets très-combustibles, il était moins redoutable pour les hommes que le fer des lances ou l'acier des épées. Dans toutes les chroniques qui parlent du feu grégeois pendant les croisades, il n'est pas dit une seule fois, selon M. Lalanne, qu'on doive lui attribuer la mort d'un homme. Comme on le voit dans les récits de Joinville, Guillaume de Bron en reçoit un pot sur son bouclier, saint Louis *eut la cullière de son cheval toute remplie*, Guy Malvoisin en est tout couvert, sans qu'il en résulte pour aucun d'eux quelque accident sérieux. On voit d'après cela dans quelles erreurs sont tombés les historiens, qui, sur les récits de Joinville, ont si démesurément grossi les effets du feu grégeois; et combien il y avait loin de ces projectiles qui, *lancés à la face de l'ennemi et leur brûlant la barbe, leur faisaient prendre la fuite* (1), à ce feu qui, selon Lebeau, *dévorait des bataillons entiers*. M. Lalanne fait remarquer avec raison que si les effets du feu grégeois eussent été aussi puissants que le disent les écrivains modernes, ils auraient indubitablement opéré une révolution dans l'art de la guerre. Or, il n'en est rien, et tous les ouvrages originaux de cette époque montrent que le feu grégeois était loin d'avoir fait abandonner les projectiles même les plus grossiers en usage de toute antiquité. Ainsi l'empereur Léon ordonne de lancer sur les navires ennemis de la poix enflammée, des serpents, des scorpions et autres bêtes venimeuses « et des pots pleins de chaux vive « qui, en se brisant, répandent une épaisse « fumée dont la vapeur suffoque et enve- « loppe d'obscurité les ennemis. »

« C'est ici le lieu de relever une autre erreur accréditée par tous les historiens; nous voulons parler de la prétendue *inextinguibilité* du feu grégeois. Au dire de tous nos auteurs, l'eau était impuissante à éteindre l'incendie allumé par ce feu; le vinaigre, le sable ou l'urine pouvaient seuls arrêter ses ravages. Ce préjugé existait en effet chez les chrétiens, mais ce n'était que le résultat de la terreur que leur inspiraient les effets des mélanges incendiaires. Les écrivains de l'époque ne font nulle part mention de ce fait, et l'examen le moins attentif des textes originaux aurait suffi pour le réduire à sa juste valeur. Il y avait dans l'armée des croisés des *estaigneurs*, pour éteindre l'incendie allumé par les feux des Arabes; c'est ce qu'indique Joinville dans ce passage : *Fut estaint le feu par ung homme que nous avions propre a ce faire*. Il dit en parlant de Guy Malvoisin : *Une fois fust que a grant peine le lui peurent estaindre ses gens*. Il ajoute ailleurs que le feu grégeois ne leur fit aucun mal, parce qu'il tomba dans le fleuve. Mais un autre texte tranche la question d'une manière bien plus concluante encore. Cinname, parlant d'une chasse donnée par des Grecs à un navire vénitien, s'exprime ainsi : « Les « Grecs le poursuivirent jusqu'à Abydos et « s'efforcèrent de le brûler en lançant le feu « mède; mais les Vénitiens, accoutumés à « leur usage, naviguèrent en toute sécurité, « ayant recouvert et entouré leur navire « d'étoffes de laine imbibées de vinaigre « Aussi les Grecs s'en retournèrent-ils « sans avoir pu rien faire ni atteindre leur « but : car le feu lancé de trop loin, ou ne « parvenait pas jusqu'au bâtiment, ou, attei- « gnant les étoffes, était repoussé et *s'étei- « gnait en tombant dans l'eau* (1). »

« Ces textes, empruntés au mémoire de M. Lalanne, prouvent que le feu grégeois n'était nullement, comme on l'a toujours prétendu, à l'abri des atteintes de l'eau. On a vu d'ailleurs, à propos des brûlots employés chez les Byzantins, que le feu grégeois destiné à incendier les navires n'était préservé de l'action de l'eau que par l'artifice de l'appareil qui le tenait suspendu à la surface de la mer et hors de l'atteinte des vagues. Il ne faudrait cependant pas conclure de là que dans certaines limites le feu grégeois ne pût résister à l'action de l'eau. La présence du salpêtre, qui fournissait au mélange incendiaire assez d'oxygène pour que sa combustion pût se passer de l'oxygène atmosphérique, pouvait lui permettre de brûler pendant quelque temps hors du contact de l'air. Plusieurs de nos pièces d'artifice de guerre peuvent de la même manière brûler quelque temps sous l'eau, et tous nos canonniers savent qu'ils ne peuvent empêcher leur *lance à feu* de brûler autrement qu'en la coupant. Si, pour l'éteindre, ils mettaient le pied sur la partie qui flambe, ils brûleraient leur soulier sans y parvenir. Mais il y a loin de cet effet momentané à tout ce qu'ont écrit les historiens sur ce feu « que l'eau nourrissait au lieu de l'éteindre. »

« *Naissance de la poudre à canon au* XIV*e* *siècle. — Ses premiers usages. — Invention des bouches à feu. — Les canons employés pour la première fois à Florence en 1325. — Leur usage répandu chez les différentes nations de l'Europe. — Berthold Schwartz perfectionne la fabrication des bouches à feu. — Derniers progrès de l'artillerie.* — Nous arrivons à l'époque où les compositions incendiaires des Arabes subissent la transformation qui doit produire la poudre à canon des temps modernes. Ce n'est qu'au XIVe siècle que fut observée d'une manière positive la force de projection des poudres salpêtrées. Les Arabes avaient appris des Chinois à mélanger le salpêtre au charbon et au soufre. Cependant cette espèce de poudre ne pouvait produire encore tous les effets de l'explosion; elle fusait, mais ne dé-

(1) Anne Comnène, *Alexiade*, liv. XIII, p. 283.

(1) Cinnamus, p. 129.

tonait pas; on ne l'employait que pour rendre plus vive la combustion des mélanges incendiaires, ou tout au plus pour servir d'amorce. Le salpêtre dont les Arabes faisaient usage était en effet assez impur; il renfermait plusieurs autres sels, et particulièrement du sel marin: or, la présence de ces sels étrangers non combustibles avait pour résultat de retarder l'inflammation des mélanges incendiaires; dès lors ils ne pouvaient que fuser, c'est-à-dire que leur combustion, au lieu de se faire brusquement et sur toute la masse à la fois, ne se propageait que lentement et de place en place. Mais au XIVᵉ siècle le progrès des arts chimiques chez les Arabes permit de mieux purifier le salpêtre et de le débarrasser des matières étrangères non combustibles; ce sel put dès ce moment provoquer tous les phénomènes de l'explosion et l'on put appliquer sa puissance de projection à lancer au loin des projectiles.

« Une grande incertitude avait régné jusqu'ici sur l'époque où l'on vit se réaliser la découverte des propriétés explosives de la poudre, et sur la contrée qui fut la première le théâtre de cette observation capitale qui devait peser d'un si grand poids dans les destinées du monde. D'après es documents nouveaux récemment mis en lumière par MM. Reinaud et Favé, c'est aux Arabes qu'appartiendrait l'honneur de cette découverte. Ces savants auteurs ont trouvé dans un manuscrit arabe de la bibliothèque de Saint-Pétersbourg, qui remonte au XIVᵉ siècle, la description de certaines armes à feu extrêmement imparfaites, et qui, en raison de cette imperfection même, semblent marquer les débuts de la découverte et de l'application de la force explosive de la poudre. Voici un passage de ce manuscrit dans lequel il s'agit évidemment d'une manière de lancer un projectile au moyen de la poudre à canon:

« *Description de la drogue à introduire dans « les madfaa, avec sa proportion:* — baroud, « dix; charbon, deux drachmes; soufre, une « drachme et demi. Tu le réduiras en poudre « fine et tu rempliras un tiers du madfaa; « tu n'en mettras pas davantage, de peur « qu'il ne crève. Pour cela, tu feras faire par « le tourneur, un madfaa de bois, qui sera « pour la grandeur en rapport avec sa bouche; tu y pousseras la drogue avec force; « tu y ajouteras, soit le bondoc, soit la flèche, et tu mettras le feu à l'amorce. La mesure du madfaa sera en rapport avec le « trou; s'il était plus profond que l'embouchure n'est large, ce serait un défaut. Gare « aux tireurs! fais bien attention. »

« Dans ce passage, l'instrument qui reçoit la poudre est appelé *madfaa;* c'est le nom qui sert quelquefois, chez les Arabes, à désigner le fusil. La poudre est composée de dix parties de salpêtre, de deux parties de charbon, et d'une partie et demi de soufre. On ne remplit de poudre que le tiers du madfaa, de peur qu'il ne crève. Par-dessus la poudre, on mettait un bondoc, c'est-à-dire une aveline, ou bien une flèche. Les figures qui sont jointes au texte représentent, selon MM. Reinaud et Favé, un cylindre assez court porté sur un long manche qui fait suite à son axe. Cet instrument ressemble beaucoup aux massues incendiaires connues sous le nom de *massues à asperger*.

« Voici un second passage du manuscrit de Saint-Pétersbourg contenant la description d'une arme à feu analogue à la précédente:

« *Description d'une lance de laquelle, quand « tu te trouveras en face de l'ennemi, tu pourras faire sortir une flèche qui ira se planter dans sa poitrine.* — Tu prendras une lance « que tu creuseras dans sa longueur, à une « étendue de quatre doigts près; tu foreras « cette lance avec une forte tarière, et tu y « ménageras un madfaa; tu disposeras aussi « un pousse-flèche en rapport avec la largeur de l'ouverture; le madfaa sera de fer. « Ensuite tu perceras sur le côté de la lance « un petit trou; tu perceras également un « trou dans le madfaa; puis tu prendras un « fil de soie brute que tu attacheras au trou « du madfaa; tu le feras entrer par le trou « qui est sur le côté de la lance. Tu te procureras, pour cette lance, une pointe percée à son sommet, de manière que, lorsque tu tireras, le madfaa pousse fortement « la flèche, par la force de l'impulsion que « tu auras communiquée; le madfaa marchera avec le fil, mais le fil retiendra le « madfaa, de manière à l'empêcher de sortir de la lance avec la flèche. Quand tu « monteras à cheval, ainsi armé, tu auras « soin de te munir d'un troussequin: c'est « afin que la flèche ne sorte pas de la lance. »

« Il s'agit ici, selon MM. Reinaud et Favé d'une lance disposée de telle manière que lorsqu'on était en face de l'ennemi, il en sortait un trait qui allait lui percer le sein. Pour cela on logeait dans la lance un madfaa de fer, qui recevait la poudre. Une flèche, dont la grosseur était proportionnée à l'ouverture était introduite dans le creux de la lance, pour en sortir au moment favorable. Les instruments dont la description est rapportée dans ces deux passages du manuscrit arabe représentent donc des armes à feu imparfaites, et paraissent former la transition entre les instruments purement incendiaires employés chez les Grecs et les Arabes d'Afrique au XIIIᵉ siècle, et les armes à feu proprement dites, dans lesquelles on met à profit la force de projection de la poudre pour lancer au loin des projectiles meurtriers. Ces premières armes à feu étaient destinées à agir de très-près et presque par surprise, car cette espèce de lance ne pouvait projeter qu'à une très-faible distance, en raison de l'impureté de la poudre, l'aveline, la flèche ou le projectile quelconque qu'elle contenait.

« L'opinion de MM. Reinaud et Favé, qui attribuent aux Arabes la découverte de la propriété explosive des poudres salpêtrées, s'appuie donc sur des faits très-acceptables. Ce qui peut d'ailleurs la confirmer, selon nous, c'est l'état avancé des arts chimiques chez cette nation. Pendant le moyen âge, l'Espagne, occupée et régie par les Arabes,

était devenue le foyer le plus brillant des lettres et des arts; les sciences chimiques s'y trouvaient particulièrement en honneur. La découverte des propriétés explosives de la poudre n'est que la conséquence de la purification du salpêtre par les procédés chimiques; il est donc probable que c'est aux Arabes que doit revenir l'honneur de cette observation importante. La poudre préparée au XIV[e] siècle était extrêmement imparfaite. On l'obtenait sous forme de poussier, état qui lui enlève une grande partie de sa force; en outre, le salpêtre qui servait à sa fabrication était fort impur. Cette poudre, qui ne donnait lieu qu'à une explosion assez lente, n'aurait donc pu imprimer aux projectiles une vitesse assez grande pour percer les cuirasses et les armures métalliques en usage à cette époque. Aussi durant le XIV[e] siècle les projectiles lancés par les bouches à feu ne furent que très-rarement dirigés contre les hommes. La poudre servit surtout à lancer de grosses pierres qui, par leur chute, écrasaient les édifices et ruinaient les défenses extérieures des places. Tel fut le premier emploi des bouches à feu, qui prirent le nom de *bombardes* ou *bastons à feu*. Mais les bombardes ne furent pas destinées seulement à lancer de lourds projectiles contre les travaux de défense des villes assiégées, elles servirent encore à jeter à l'ennemi le feu grégeois et les compositions incendiaires. On nous permettra d'insister sur ce point particulier; il nous fournira l'occasion de montrer que l'usage et le secret du feu grégeois n'ont aucunement été perdus, comme on l'entend dire tous les jours. En effet, la découverte de la poudre à canon ne fit pas complétement abandonner l'emploi des mélanges incendiaires; on les conserva comme un moyen d'attaque utile en plus d'une circonstance. Les Européens eux-mêmes finirent par en faire usage, et tous ces phénomènes de combustion qui avaient paru si effrayants aux Occidentaux du VIII[e] au XII[e] siècle leur étaient devenus plus tard d'un usage familier.

« Il est souvent question du feu grégeois dans les chroniques de Froissart. En racontant le siége du château de Romorantin par le prince de Galles, cet historien dit en parlant des Anglais :

« Si ordonnerent a apporter canons avant « et a traire carreaux et feu grégeois dedans « la basse cour : car si cil feu s'y vouloit « prendre, il pourroit bien tant multiplier « qu'il se bouteroit au toit des couvertures « des tours du châtel... Adonc fut le feu ap« porté avant, et trait par bombardes et par « canons en la basse cour, et si prit et mul« tiplia tellement que toutes ardirent (1). »

« Le nom du feu grégeois se retrouve chez presque tous les auteurs de pyrotechnie du XVI[e] siècle, et on lit dans les ouvrages de cette époque la description détaillée des divers instruments à feu en usage en Europe vers le XV[e] et le XVI[e] siècle. Voici, par exemple, suivant un de ces écrivains, Biringuccio, la manière de faire les lances à feu. »

« *Moyen de faire langues a feu pour getter « ou il vous plaira attachées à la pointe des « lances.* — Pour la deffense d'une forteresse, « ou pour dresser une escarmouche de nuit, « ou pour assaillir un camp, c'est chose « utile d'attacher à la pointe des lances des « gens de cheval, et sur la cime des piques « des gens de pié, certains canons de papier « posez dans autres de bois longs de demi« brasse. Lesquels vous remplirez de grosse « poudre avec laquelle vous meslerez pièce « de feu grégeois, de soufre, grains de sel « commun, lames de fer, voire brisé et « arsenic cristallin. Et le tout pousserez « dedans à force, et après avoir mis quelque « chose au devant, tournerez l'issue du feu « contre voz ennemis. Lesquels resteront « effrayez au possible, appercevant une lan« gue de feu excédant en longueur deux « brasses, faisant un bruit épouvantable. Et « peut ceste façon de langue grandement « servir à ceux qui veuillent faire profession « des armes sur la mer (1). »

« Comme le remarquent MM. Reinaud et Favé, on voit que c'est bien là l'art des anciens Arabes : l'effet des instruments est le même, leur disposition toute semblable; seulement l'imagination n'ajoutant plus à la crainte que ces armes inspiraient, leur usage se borne à des circonstances rares et exceptionnelles.

« Les écrivains de cette époque signalent quelques actions de guerre dans lesquelles on eut recours à ces moyens. Daniel Davelourt, dans sa *Briefve instruction sur le faict de l'artillerie en France*, imprimée en 1597, parle de l'usage que l'on fit du feu grégeois au siége de Pise.

« Toute chose seiche et qui brusle faci« lement, multipliant le feu par quelque « propre et intérieure nature, se peut met« tre a composition du feu : comme sont, « soulphre, salpetre, poudre à canon, huile « de lin, de pétrole et de térébenthine, poix « résine, camphre, chaux vive, sel ammo« niac, vif argent et autres telles matieres « dont on a accoustumé de faire trompes, « pots, cercles, langues, piques, lances a « feux, et autres feux artificiels propres à « refroidir l'ardeur de ceux qui vont les plus « hardis assaillir une bresche.

« Comme l'on cogneut au siege de Pise, « où les Florentins, soubs la conduite de « Paul Vitelli, ayant fait la breche raison« nable, et les Pisans se réparant par dedans « avec fossés et terrasses, encore adjonte« rent-ils les feux grégeois et artificiels, « avec lesquels ils empescherent que les « Florentins ne peurent exécuter leur des« sein. Les soldats de Véronne attendant « l'assaut des François, dresserent pots de « feu artificiels et autres fricassées, qui leur

(1) *Chroniques de Froissart*, t. I, p. 357, édit. 1837.

(1) Vanoccio Biringuccio. *La Pyrotechnie* traduit de l'italien par Jacques Vincent. Paris, 1572, folio 164.

« donnoient aux flancs et par derriere les « remparts. »

« Zantfliet affirme dans ses Chroniques que le feu grégeois était usité en Hollande en 1420. Il fut encore employé en 1453 au siége de Constantinople par Mahomet II. Les assiégés et les assiégeants en faisaient usage chacun de leur côté. L'historien Phrantzès, cité par M. Lalanne, rapporte qu'un Allemand nommé Jean, très-habile à manier le feu grégeois, et qui dirigeait la défense de la ville, se servait de ce feu pour faire sauter des mines. Ainsi en 1453 les compositions incendiaires étaient encore employées concurremment avec l'artillerie, et l'on avait trouvé le moyen d'en tirer un parti nouveau en l'appliquant à l'art des mines. On peut donc établir, en s'appuyant exclusivement sur des données historiques, que le secret du feu grégeois n'a jamais été perdu. Ainsi les bouches à feu furent employées dans l'origine pour lancer des pierres contre les remparts extérieurs des cités, et aussi pour jeter le feu grégeois. Cependant à mesure que la préparation de la poudre à canon se perfectionna, et que les projectiles purent recevoir une vitesse suffisante pour percer les armures métalliques, ce dernier usage se perdit, et le nom même du feu grégeois finit par s'oublier. C'est alors seulement que les bouches à feu commencèrent à jouer un rôle important dans les armées. Suivons rapidement leurs progrès dans les diverses contrées de l'Europe. Presque tous les peuples ont revendiqué à leur tour le contestable honneur d'avoir les premiers fait usage du canon. Ce point très-longtemps débattu est maintenant éclairci d'une manière satisfaisante. D'après l'historien espagnol Conde, les Arabes auraient les premiers employé le canon en Europe. Assiégés en 1259 à Niebla, en Espagne, par les populations dont ils avaient envahi le territoire, ils se défendirent en lançant des pierres et des dards *avec des machines et des traits de tonnerre avec feu*. Le même historien rapporte aussi un exemple de l'usage du canon en Espagne en 1323, lorsque le roi de Grenade, ayant mis le siége devant Baza, se servit contre la ville : *de machines et engins qui lançaient des globes de feu avec grand tonnerre.*

« Cependant comme il n'existe aucun ouvrage technique qui puisse venir en aide à ces textes trop peu explicites, il est difficile de savoir si les machines à feu dont parle l'historien espagnol étaient véritablement des canons, ou si ce n'étaient pas simplement des balistes, des mangonneaux ou des machines à fronde, depuis si longtemps employés chez les Arabes pour lancer des matières combustibles et des carcasses incendiaires, qui, préalablement remplies de feu grégeois, s'enflammaient avec une violente explosion (1). Les termes dont se sert l'auteur ne permettent pas de prononcer. Espérons que quelques documents encore enfouis dans les archives espagnoles viendront un jour jeter la lumière sur cette question, l'une des plus curieuses et des plus controversées de l'histoire de l'artillerie. En l'absence de textes plus positifs, la priorité de l'emploi du canon ne saurait être contestée à l'Italie. Dans son *Histoire des sciences mathématiques en Italie*, M. Libri rapporte une pièce authentique de la république de Florence, datée du 11 février 1325, qui constate que *les prieurs, le gonfalonier et les douze bons hommes* ont la faculté de nommer deux officiers chargés de faire fabriquer des boulets de fer et des canons de métal pour la défense des châteaux et des villages appartenant à la république de Florence. Cette pièce suffit évidemment pour établir l'existence des bouches à feu en Italie dès l'année 1325. A partir de l'année 1326, les historiens italiens mentionnent assez souvent l'emploi des armes à feu. Nous nous bornerons à citer l'attaque de Cividale en 1331. (1).

« L'usage de la poudre à canon s'est introduit de très-bonne heure en France. L'histoire a constaté son emploi en 1359 au siége de Puy-Guillem, et pendant la même année au siége de Cambrai par Edouard III, Elle a également établi la fabrication de canons à Cahors en 1345, ainsi que l'usage à la même époque des boulets et des balles de plomb. Les Anglais n'ont adopté qu'après nous la poudre à canon (2) ; ils ont cependant sur tous les peuples de l'Europe l'avantage d'avoir les premiers employé l'artillerie en rase campagne. On sait l'usage funeste qu'ils en firent contre nous à la journée de Crécy, le 26 août 1346. Selon la Chronique de Saint-Denis, le roi Philippe de France venant à l'encontre des Anglais, ceux-ci « tirèrent « trois canons, d'où il arriva que les arba- « létriers génois qui étaient en première ligne « tournèrent le dos et cessèrent le combat. » L'historien Villani ajoute que les Anglais lançaient de petites balles de fer pour effrayer les chevaux : « Le roi d'Angleterre « ordonna à ses archers dont il n'avait « pas grand nombre, de faire en sorte avec

(1) Ces machines à fronde en usage pendant tout le moyen âge dans la guerre de siéges avaient une force de projection très-considérable. Les assiégeants lançaient aussi dans les villes des pierres énormes qui, tombant sous un angle élevé, écrasaient les maisons et les édifices. On lança même par ce moyen les prisonniers faits à l'ennemi.

(1) Lacabane, *Bibliothèque de l'École des chartes*, 2e série, t. Ier, p. 35.

(2) C'est un écrivain anglais qui a le premier propagé l'opinion, si répandue et si inexacte, d'après laquelle Roger Bacon est regardé comme l'inventeur de la poudre à canon. Plot, dans son ouvrage, *The natural history of Oxford*, attribue à son compatriote l'honneur de cette découverte, d'après ce fait que personne n'aurait parlé de la poudre avant Roger Bacon. Or tout ce que dit en plusieurs endroits de son livre, au sujet des effets explosifs de la poudre, l'auteur de l'*Opus majus*, est évidemment emprunté et presque copié de l'ouvrage de Marcus. On voit sur quels fondements repose une opinion qui a joui cependant de tant de crédit depuis trois siècles.

« les bombardes de jeter des boules de fer « avec du feu pour effrayer et disperser les « chevaux des Français..... Les bombardes « menaient si grande rumeur et tremblement, qu'il semblait que Dieu tonnât « avec grande tuerie de gens et déconfiture « de chevaux. » Selon Villani, le désordre des Français arriva surtout par suite de l'embarras des corps morts laissés par les Génois ; toute la campagne était jonchée de chevaux et de gens renversés, tués et blessés par les bombardes et les flèches.

« Le revers éprouvé par les troupes françaises à la journée de Crécy fut attribué à l'emploi des bouches à feu, et ce fait, qui produisit une grande sensation, eut pour résultat de faire adopter l'artillerie par toutes les grandes nations militaires de l'Europe. Jusque-là, en effet, le canon n'avait encore agi que contre les édifices et les murailles des villes ; son emploi contre les hommes avait rencontré, dans l'Occident, les plus vives répugnances. Pour les guerriers du moyen âge, c'était une félonie que d'employer à la guerre ces armes perfides qui permettaient au premier vilain de tuer un brave chevalier, qui donnaient aux timides et aux lâches le moyen d'attaquer à couvert et à distance les plus intrépides combattants. Au XIIe siècle, le second concile de Latran, dont les décisions faisaient loi pour toute la chrétienté, avait défendu l'usage de toutes les machines de guerre dirigées contre les hommes, comme *trop meurtrières et déplaisant à Dieu*. Christine de Pisan, qui a composé sous Charles VI un Traité de l'art de la guerre, parle du feu grégeois et des compositions analogues usitées de son temps, comme d'un moyen déloyal et indigne d'un chrétien. Enfin il suffit de citer à ce sujet le serment exigé au moyen âge des artilleurs allemands qui devaient jurer « de ne point tirer le canon de « nuit ; de ne point cacher de feux clandes- « tins...., et surtout de ne construire aucuns « globes empoisonnés ni autres sortes « d'invention, et de ne s'en servir jamais « pour la ruine et la destruction des hommes, estimant ces actions injustes autant « qu'indignes d'un homme de cœur et d'un « véritable soldat (1). »

« Les Anglais, qui à toutes les époques ont marché hardiment et sans scrupule vers tout ce qui peut contribuer à servir leurs desseins, furent les premiers à fouler aux pieds l'opinion de leur temps. L'exemple une fois donné, les autres nations n'hésitèrent plus à entrer dans cette voie et ne tardèrent pas à élever leurs ressources militaires à la hauteur de celles de leurs voisins. Aussi voit-on, après la bataille de Crécy, l'usage des armes à feu se généraliser en France et se répandre bientôt dans toute l'Europe. A dater de cette époque, Froissart ne manque plus de faire l'énumération des pièces d'artillerie qui marchent à la suite des armées. C'est ainsi qu'il mentionne l'usage des armes à feu devant Calais en 1347, à l'attaque de Romorantin ; en 1356 et en 1368, à la défense de Saint-Valéry ; en 1359, contre les murailles de Mons et le château de la Roche-sur-Yon. Enfin de 1373 à 1378, on trouve l'emploi du canon cité contre un grand nombre de villes et de châteaux. L'esprit d'indépendance des communes se développant de plus en plus dans les provinces françaises, les villages et les bourgs ne manquèrent pas de s'emparer à leur tour de ce puissant moyen de défense contre les envahissements et les attaques de la féodalité. Chaque ville libre voulut avoir à sa solde son *maître d'artillerie et ses artillers*. Dès l'année 1348, Brive-la-Gaillarde était défendue par cinq canons, et dans les années 1349 et 1352 la ville d'Agen en avait placé à ses principales portes et dans ses quartiers les plus exposés (1). Aussi les bouches à feu qui à la bataille de Crécy se comptaient par unités, augmentent bientôt en nombre d'une manière prodigieuse. A l'assaut de Saint-Malo en 1376, les Anglais avaient « bien quatre cents canons postés « autour de la place (2), » ce qui ne les empêcha pas d'être repoussés par Clisson et Duguesclin. Sous Charles VI, en 1411, en compte à l'armée du duc d'Orléans *quatre mille, tant canons que couleuvrines* (3). Enfin l'armée des Suisses, qui remporta en 1476 sur Charles le Téméraire la sanglante victoire de Morat, avait dans ses rangs, selon le récit de Philippe de Commines, dix mille coulevrines (4) ; seulement il est bien entendu qu'ici les armes à feu ont été réduites à de petites dimensions, et sont devenues des armes à main comme nos fusils. Vers l'année 1370 la marine adoptant l'usage de l'artillerie, les navires de guerre et de commerce commencèrent à disposer des canons à leur bord.

« On voit, d'après l'ensemble des faits qui viennent d'être rapportés, ce qu'il faut penser de l'opinion des historiens qui ont prétendu nier l'emploi de la poudre dans les armées d'Europe au XIVe siècle. Cette opinion a prévalu assez longtemps, appuyée sur des interprétations vicieuses de quelques textes historiques. On sait, pour ne citer qu'un exemple, que l'existence de l'artillerie en France en 1339 a été prouvée par le fameux extrait cité par Du Cange, du registre de la chambre des comptes qui porte : *Payé à Henri de Fumechon pour achat de poudre et autres objets nécessaires aux canons employés devant Puy-Guillem*.....Or, l'historien Temmeler veut que dans ce document on lise *poutre* au lieu de *poudre*. D'un autre côté, le P. Lobineau, dans son *Histoire de Bretagne*, fait des efforts d'esprit inimaginables pour prouver que les canons dont il est question

(1) Siemenowitz, *Grand art de l'artillerie*, p. 299.

(1) Lacabane, *Bibliothèque de l'Ecole des chartes*, 2e série, t. Ier, p. 46.

(2) Froissart, *Histoire et chronique*, Lyon 1559, vol. Ier, p. 439 et 458, et vol. II, p. 27.

(3) Juvénal des Ursins, *Histoire de Charles VI* p. 213.

(4) *Mémoires*, livre V, chap. 3.

dans la romance faite en 1382 en l'honneur de Duguesclin n'étaient que des *espèces de clarinettes*. N'en déplaise à ces érudits chroniqueurs, le sénéchal de Toulouse, Pierre de la Pallu, qui assiégeait Puy-Guillem en 1639, affrontait autre chose que des poutres, et le vaillant Duguesclin ne bravait pas des clarinettes.

« Pendant que la France multipliait ses bouches à feu, l'Allemagne apportait un perfectionnement capital à leur fabrication. Jusque-là les canons avaient été fabriqués au moyen de pièces de fer reliées entre elles par des liens circulaires, comme le sont les douves de nos tonneaux ; les arts métallurgiques ayant fait de grands progrès en Allemagne, on trouva dans ce pays l'art d'obtenir des bouches à feu par la fusion d'un alliage métallique d'une dureté considérable, qui permettait à la pièce de résister aisément à l'action du tir.

« S'il faut s'en rapporter aux textes cités par M. le colonel Tortel (1), l'auteur de ce perfectionnement remarquable de l'artillerie ne serait autre que Berthold Schwartz, le même auquel la tradition attribue la découverte des effets explosifs de la poudre. En admettant cette identité, qui paraît difficilement contestable d'après des textes nouveaux récemment découverts, et commentés avec beaucoup de bonheur par M. Lacabane (2), Berthold Schwartz reprendrait dans l'histoire de nos découvertes la place qu'il avait perdue, et les événements de sa vie, longtemps contestés, pourraient être acceptés par la critique. Berthold Schwartz était un cordelier de Fribourg. Les écrivains allemands sont loin de s'accorder sur la date de son invention qu'ils placent en 1320, 1330, 1350, 1378 et 1380. Il est cependant bien établi qu'il se rendit à Venise en 1378, et qu'il y fit connaître le nouveau perfectionnement qu'il avait apporté à la fabrication des bouches à feu. Ses canons furent essayés, et les Vénitiens en firent usage au siége de Chiozza en 1380. Cependant les magistrats de Venise, fidèles aux vieilles habitudes des républiques italiennes, récompensèrent mal l'inventeur. Le siége terminé, pour se dispenser de payer à Berthold Schwartz la récompense promise, on le fit jeter en prison, et du fond de son cachot il revendiqua inutilement l'honneur et le prix de ses services. Une croyance populaire menace tous les auteurs d'inventions funestes à l'humanité du destin de périr eux-mêmes victimes de leurs pernicieuses découvertes : Berthold Schwartz aurait fourni une frappante confirmation de cette pensée, s'il est vrai, comme l'ont écrit les Fribourgeois, que l'empereur Venceslas, pour punir cet homme de sa terrible invention, l'ait fait attacher à un baril de poudre auquel on mit le feu.

« L'artillerie, ainsi perfectionnée en Italie et en Allemagne, fit bientôt en France de nouveaux progrès, dans le détail desquels il serait hors de propos de nous engager. C'est à cette circonstance que l'armée de Charles VIII dut ses triomphes si rapides dans la campagne de Naples. Enfin le rôle de l'artillerie et de la poudre à canon ayant pris tous les jours plus d'importance dans les armées, François I[er] établit dans le royaume un grand nombre de fonderies, de poudreries et d'arsenaux. C'est sous le règne de ce prince que fut rendue l'ordonnance qui institue et règle pour la première fois l'administration des poudres et salpêtres. »

« *Perfectionnements apportés dans les temps modernes à la composition de la poudre à canon. — Essais pyrotechniques de Dupré et de Chevallier. — Poudre à chlorate de potasse, expérimentée par Berthollet en* 1788. — Nous ne suivrons pas plus loin cette histoire rapide des emplois de la poudre à canon ; la revue des perfectionnements successifs qui ont amené l'artillerie européenne au degré éminent où nous la voyons de nos jours appartient spécialement à l'histoire militaire. Ici nous devons nous en tenir à envisager sous le rapport scientifique les modifications apportées à la composition des poudres de guerre. A ce point de vue, notre tâche est à peu près terminée. Depuis deux siècles, en effet, la fabrication et l'emploi de l'agent qui nous occupe n'ont fait que des progrès presque insensibles, et pour arriver jusqu'à notre époque, nous n'avons à signaler que quelques essais curieux, mais restés sans applications. C'est dans cette catégorie qu'il faut ranger les essais entrepris sous Louis XV, par Dupré, pour retrouver le feu grégeois ; ceux que fit à la fin du dernier siècle le célèbre chimiste Berthollet, dans le but de modifier la composition de la poudre ; enfin, les expériences pyrotechniques de Chevallier, exécutées sous l'empire.

« Dupré, né aux environs de Grenoble, était orfévre à Paris. En essayant de fabriquer de faux diamants, il découvrit, dit-on, par hasard, une liqueur inflammable d'une activité prodigieuse. Chalvet, qui rapporte ce fait dans sa *Bibliothèque du Dauphiné*, assure que cette liqueur consumait tout ce qu'elle touchait, qu'elle brûlait dans l'eau, et reproduisait en un mot tous les effets anciennement attribués au feu grégeois. Dupré fit instruire Louis XV de sa découverte, et, d'après ses ordres, il exécuta quelques expériences à Versailles, sur le canal, et dans la cour de l'Arsenal à Paris. C'était en 1755, on était engagé contre les Anglais dans cette guerre désastreuse qui devait amener la ruine de notre puissance navale. Dupré fut envoyé dans divers ports de mer pour essayer contre les vaisseaux l'action de sa liqueur incendiaire. Les effets que l'on produisit furent si terribles, que les marins eux-mêmes en furent épouvantés. Cependant Louis XV, cédant à un noble sentiment d'humanité, crut devoir renoncer, malgré les pressantes nécessités de la guerre, aux avantages que lui promettait cette invention. Il défendit à Dupré de publier sa découverte, et, pour assu-

(1) *Spectateur militaire*, 15 septembre 1811, p. 625.

(2) *Loc. cit.*, p. 46.

rer son silence, il lui accorda une pension considérable et la décoration de Saint-Michel. Dupré est mort sans avoir trahi son secret; mais Chalvet avance une atrocité inutile lorsqu'il prétend que l'opinion commune accusa Louis XV d'avoir précipité sa mort.

« Selon M. Coste, un artificier nommé Torré aurait retrouvé sous le ministère du duc d'Aiguillon un secret analogue à celui de Dupré. « Le secret du feu grégeois, dit « M. Coste, a été retrouvé en France, sous « le ministère du duc d'Aiguillon, par « un metteur en œuvre qui ne le cherchait « certainement pas et qui travaillait au « Havre à des pierres de composition. Mon « témoignage à cet égard est irrécusable, « car c'est moi qui ai rédigé le *Mémoire au « conseil*, par lequel cet honnête artiste « faisait hommage au roi de sa funeste « découverte, lui demandait ses ordres, et « offrait d'enfermer dans un canon de bois « qu'un seul homme pouvait porter sept « cents flèches remplies de sa composition, « lesquelles s'enflammeraient, éclateraient « et mettraient le feu en tombant. Cet appa« reil et le canon de bois qui devait porter le « feu grégeois à huit cents toises étaient de « l'invention de l'artificier Torré (1). » Toutefois cette idée n'a jamais eu de suite, et le nom de l'artificier Torré est aujourd'hui complétement inconnu. Il en a été autrement de l'invention du mécanicien Chevallier, sur laquelle la fin tragique de son auteur appela quelque temps l'attention du public. Chevallier, ingénieur et mécanicien à Paris, avait réussi à préparer des fusées incendiaires qui brûlaient dans l'eau, et dont l'effet était, dit-on, aussi sûr que terrible. Les expériences pyrotechniques, faites le 30 novembre 1797 à Meudon et à Vincennes, en présence d'officiers généraux de la marine, et reprises à Brest le 20 mars suivant, montrèrent que ces fusées, qui avaient quelques rapports avec nos fusées à la Congrève, reproduisaient une partie des effets que l'on rapporte communément au feu grégeois. Chevallier s'occupait à perfectionner ses compositions incendiaires lorsqu'il périt victime d'une fatale méprise politique. Depuis le commencement de la révolution, il s'était fait remarquer par l'exaltation de ses idées républicaines; en 1795, il avait déjà été arrêté comme agent d'un complot jacobin et mis en liberté à la suite de l'amnistie de l'an IV. En 1800, dénoncé à la police ombrageuse de l'époque comme s'occupant, dans un but suspect, de fusées incendiaires et de préparation d'artifices, il fut emprisonné sous la prévention d'avoir voulu attenter aux jours du premier consul. Cette affaire ne pouvait avoir aucune suite sérieuse, et Chevallier s'apprêtait à sortir de prison, lorsque, par une fatale coïncidence, arriva l'explosion de la machine infernale. Chevallier n'avait eu évidemment aucune relation avec les auteurs de cet horrible complot; cependant il fut traduit quelques jours après devant un conseil de guerre, condamné à mort, et fusillé le même jour à Vincennes.

« Les essais entrepris par Berthollet en 1788 pour remplacer le salpêtre de notre poudre à canon par le chlorate de potasse ont un caractère scientifique sérieux et sont plus connus que les faits précédents. En étudiant les combinaisons oxygénées du chlore, Berthollet avait découvert les chlorates, genre de sels des plus remarquables par leurs propriétés chimiques. Les chlorates sont des composés qui se détruisent avec une facilité extraordinaire, et comme ils renferment une très-grande quantité d'oxygène, cette prompte décomposition fait de cette classe de sels un des agents de combustion les plus actifs que l'on possède en chimie. Le chlorate de potasse mélangé avec du soufre, avec du charbon ou du phosphore, constitue un mélange tellement combustible que le choc du marteau suffit pour le faire détoner. Aussi, quand on triture rapidement dans un mortier de bronze un mélange de chlorate de potasse, de soufre et de charbon, il se produit des détonations successives qui imitent des coups de fouet et l'on voit s'élancer hors du vase des flammes rouges ou purpurines. Ces faits, observés par Berthollet, mirent dans la pensée de ce chimiste le projet de substituer au salpêtre le chlorate de potasse, dans notre poudre à canon. Les essais qu'il entreprit dans cette vue amenèrent les résultats les plus avantageux en apparence; un mélange bien intime de soufre, de charbon et de chlorate de potasse dans les proportions habituelles de la poudre, présentait une force explosive d'une énergie extrême, et qui l'emportait à ce point sur la poudre ordinaire, que les projectiles étaient lancés à une distance triple. Encouragé par ce fait, Berthollet demanda au gouvernement l'autorisation de faire préparer une assez grande quantité de la nouvelle poudre pour servir à des expériences plus étendues. La poudrerie d'Essonnes fut mise à sa disposition, mais l'entreprise eut une bien triste fin; une explosion terrible détruisit la fabrique et coûta la vie à plusieurs personnes. Voici quelques détails positifs sur ce malheureux événement.

« M. Letort, directeur de la manufacture d'Essonnes, était plein de confiance dans le succès des expériences de Berthollet et dans l'avenir de la poudre nouvelle; il assurait qu'elle n'offrirait aucun danger dans son maniement et qu'elle se comporterait en tous points comme la poudre au salpêtre. Le jour où devait commencer la fabrication, il invita Berthollet à dîner, et au sortir de table on descendit dans les ateliers. Le mélange se faisait comme à l'ordinaire, dans des mortiers avec des pilons de bois et par l'intermédiaire de l'eau afin d'éviter le développement de chaleur provoqué par les frottements. M. Letort prétendit que l'addition de l'eau était superflue et que l'on

(1) *Essai sur de prétendues découvertes nouvelles*, 1803.

aurait pu tout aussi bien faire le mélange à sec. Pour le prouver, il s'approcha de l'un des mortiers et du bout de sa canne il se mit à triturer une petite motte de poudre qui s'était desséchée sur ses bords. Aussitôt une détonation épouvantable se fit entendre, la maison fut à moitié renversée et l'on releva parmi les décombres le cadavre du directeur, celui de sa fille et les corps de quatre ouvriers; Berthollet fut préservé comme par miracle. Cependant on avait attaché tant d'importance à l'emploi de la poudre au chlorate de potasse, que cet événement terrible ne porta point tous ses fruits. Quatre années après, le gouvernement autorisa de nouveaux essais. Au milieu des guerres de la république il était difficile de renoncer à l'espoir de posséder un agent d'une si merveilleuse puissance. On multiplia les précautions indiquées en pareil cas; mais tout fut inutile, une nouvelle explosion fit sauter la fabrique et tua trois ouvriers : on n'a plus songé depuis cette époque à recommencer de si funestes essais. D'ailleurs, on sait aujourd'hui que la poudre au chlorate de potasse n'a que des dangers et n'offre point d'avantages. Elle est si détonante que le mouvement seul d'une voiture peut déterminer son explosion. Toutes les substances qui, comme le chlorate de potasse, détonent par le simple choc, donnent en effet des poudres *brisantes*, dont l'action brusque et instantanée, s'exerçant à la fois contre le projectile et contre les parois intérieures du canon, provoque presque toujours la rupture des armes. » — *Voy.* POUDRE FULMINANTE.

POUDRE-COTON (1). — « Les perfectionnements apportés à la fabrication et aux divers emplois de la poudre à canon n'ont marché qu'avec une lenteur extrême; il a fallu quatre siècles pour amener cet art à sa situation présente. Aussi l'histoire de la poudre au point de vue scientifique ne présente que de rares épisodes, et pour arriver au seul fait important qui l'ait signalée depuis, il faut arriver sans intermédiaire à l'époque actuelle. Dans les derniers mois de 1846, les journaux commencèrent à s'occuper d'une découverte des plus singulières. Un chimiste de Bâle avait, disait-on, trouvé le moyen de transformer le coton en une substance jouissant de toutes les propriétés de la poudre. On avait fait à Bâle des expériences publiques qui ne pouvaient laisser aucune place au doute : avec une petite boulette de coton, offrant l'aspect ordinaire, on avait chargé des armes et obtenu ainsi tous les effets explosifs de la poudre. On prêtait à cette substance nouvelle des propriétés merveilleuses : elle pouvait impunément être plongée dans l'eau et y séjourner très-longtemps; séchée, elle reprenait ses propriétés primitives, elle brûlait sans fumée, elle ne noircissait pas les armes, enfin elle avait une force de ressort trois ou quatre fois supérieure à celle de la poudre ordinaire. En matière de science, les dires des journaux politiques ne sont pas articles de foi; cette annonce ne trouva d'abord qu'un médiocre crédit. Cependant le public fut contraint de prendre cette découverte au sérieux, quand on la vit franchir le seuil de l'Académie des sciences et passer tout d'un coup du journal à la tribune de l'Institut. Dans la séance du 5 octobre 1846, M. Dumas donna lecture à l'Académie, d'une lettre de M. Schönbein, auteur de l'invention annoncée. M. Schönbein exposait dans sa lettre les caractères de cette substance nouvelle qu'il nommait *poudre-coton* (schiesvolle); il précisait ses effets, indiquait les avantages particuliers de son emploi et donnait la mesure exacte de sa force balistique. M. Schönbein disait tout; il n'oubliait qu'un point, c'était d'indiquer le procédé au moyen duquel il obtenait ce curieux produit; il se réservait, pour en retirer un profit personnel, la possession de ce secret. Je me souviens de l'impression que produisit la lecture de la lettre de M. Schönbein sur l'auditoire savant qui se presse aux séances de l'Académie. Quand on fut une fois bien certain de l'existence du fait; lorsqu'on apprit, à n'en plus douter, que le corps dont il était question n'était autre chose que du coton à peine modifié dans son aspect ordinaire, tous les gens du métier, tous les chimistes qui se trouvaient là devinèrent aussitôt le secret de l'inventeur. Au sortir de la séance, tout le monde avait compris que le nouvel agent n'était probablement autre chose qu'une modification ou une forme particulière de la *xyloïdine*, composé bien connu des chimistes, qui s'obtient en plongeant dans de l'acide azotique (eau-forte) des matières ligneuses telles que du bois, du papier ou du coton. Dès le lendemain tous les laboratoires de Paris se mirent en demeure de vérifier cette conjecture, et au bout de huit jours, on avait trouvé que pour préparer le coton-poudre, il suffit de plonger pendant quelques minutes du coton non cardé dans de l'acide azotique très-concentré. Le secret de l'inventeur était devenu le secret de Paris. Comment se fait-il qu'une découverte si soigneusement tenue cachée par son auteur ait pu être ainsi surprise et divulguée en quelques jours? C'est ce que l'on comprendra sans peine d'après l'histoire de la *xyloïdine*.

« En 1832, M. Braconnot, chimiste de Nancy, découvrit que si l'on traite l'amidon par l'acide azotique très-concentré, l'amidon entre en dissolution, et que si l'on ajoute alors de l'eau au mélange, il se précipite aussitôt un produit blanc pulvérulent, qu'il désigna sous le nom de *xyloïdine*. Entre autres caractères, M. Braconnot reconnut à ce composé la propriété de brûler avec une

(1) Ici encore, dans l'intérêt de nos lecteurs, nous n'avons pu mieux faire que de puiser, dans l'excellent ouvrage de M. Figuier, ce qui concerne l'invention de la poudre-coton, qui a débuté avec tant d'éclat et qui, depuis, semble avoir beaucoup déchu dans l'opinion, ce qui, soit dit en passant, ne prouve pas que la poudre-coton ne soit destinée à la même vogue, si ce n'est plus, que celle dont jouit la poudre ordinaire.

certaine activité. M. Braconnot ne soumit point à l'analyse le produit nouveau qu'il avait découvert, il se contenta d'en étudier les caractères. En cela, il était fidèle à un système qu'il semble avoir adopté. En effet, M. Braconnot a fait en chimie organique des découvertes fondamentales, et toujours il s'est abstenu de leur appliquer le sceau de l'analyse élémentaire. C'est lui qui a trouvé le moyen de changer en sucre le bois et l'amidon par l'action de l'acide sulfurique, fait d'une nouveauté et d'une portée immenses et qui est loin encore d'avoir donné tout ce qu'il promet à l'avenir des études chimiques. Il a découvert la *pectine*, ce curieux composé qui se retrouve partout dans le monde végétal et dont les transformations, quand elles seront étudiées d'une manière sérieuse, jetteront les plus utiles lumières sur les phénomènes intimes de la vie des plantes. Or, dans tous ces cas, M. Braconnot s'est passé du secours de l'analyse organique; il est arrivé à ces belles observations avec les seuls moyens de recherches que nous possédions il y a cinquante ans. Homme heureux ! il a vu sortir de ses mains fécondes des découvertes d'une portée inattendue, et jamais il n'emprunta à la science du jour ses instruments ambitieux. Avait-il deviné que ce moyen si vanté de l'analyse organique tiendrait si mal, en fin de compte, les promesses de son début? Avait-il compris à l'avance, qu'au lieu d'élever l'édifice tant annoncé de la chimie organique, il n'aboutirait qu'à jeter cette science naissante dans le dédale inextricable où elle s'égare de nos jours? C'est ce que nous n'essayerons pas de résoudre. Toujours est-il que M. Braconnot ne fit point l'analyse élémentaire du produit nouveau qu'il avait trouvé, et qu'il laissa à d'autres le soin et l'honneur de compléter son travail.

« Le chimiste qui a repris et terminé l'étude de la xyloïdine est M. Pelouze, savant bien connu par la précision de ses travaux et la prudence de ses vues. En 1838, M. Pelouze publia sur la xyloïdine un de ces mémoires corrects et achevés comme on les aime à l'Institut. Il fit le nombre voulu d'analyses organiques, fixa le poids atomique de ce composé et établit sa formule, conformément aux principes en honneur à l'Académie. Mais, ce qui valait mieux encore, il fit une observation entièrement neuve et de laquelle la découverte de la poudre-coton devait nécessairement sortir. Il trouva que la xyloïdine peut se produire avec d'autres substances que l'amidon, et que si l'on plonge pendant quelques minutes du papier, des tissus de coton ou du lin, dans l'acide azotique concentré, ces matières se changent aussitôt en xyloïdine et deviennent extrêmement combustibles. Cependant M. Pelouze ne met aucun détour à convenir que la pensée ne lui vint pas d'employer dans les armes à feu, en guise de poudre, le coton ainsi traité. Tant simple soit-elle, cette idée ne se présenta pas à son esprit, et sa gloire, nous le croyons, n'y perdra pas grand chose. Il entrevit néanmoins et il annonça que ces substances « seraient susceptibles de quel« ques applications, particulièrement dans « l'artillerie. » Il remit même à un capitaine d'artillerie, M. Haquien, un échantillon de cette matière, en le priant d'examiner si l'on ne pourrait pas en tirer quelque parti. Mais dans l'intervalle, M. Haquien vint à mourir et M. Pelouze ne songea pas davantage à cette affaire.

« La xyloïdine était donc à peu pres oubliée, et restait seulement au nombre des produits intéressants de laboratoire, lorsque M. Schönbein, professeur de chimie à Bâle, ayant eu à préparer de la xyloïdine, se servit pour cette opération de coton non cardé et constata avec beaucoup de surprise que la xyloïdine ainsi obtenue jouissait d'une combustibilité extraordinaire; une boulette de ce coton azotique s'enflammait avec autant de vivacité et de promptitude qu'un amas de poudre. De l'observation de ce fait, à l'idée d'employer le coton azotique dans les armes en remplacement de la poudre, il n'y avait qu'un pas; de cette idée à son exécution, il n'y avait qu'un geste; M. Schönbein prit un fusil, fit le geste nécessaire et la poudre-coton fut découverte. C'est ainsi que cet enfant de la chimie, perdu sur les rives de la Seine, fut heureusement retrouvé dans un canton de la Suisse allemande et produit aussitôt dans le monde, par le savant honorable qui s'en était fait le parrain.

« La découverte de la poudre-coton fut accueillie avec une faveur sans exemple. Aucune invention scientifique n'a occupé à ce point l'attention du public; pendant un mois on ne parla pas d'autre chose et jamais on n'avait entendu dans les salons et dans les cercles s'agiter tant de savantes questions. Cet empressement contrastait beaucoup, d'ailleurs, avec l'accueil fait à la découverte nouvelle par les savants spéciaux sur la matière. Ceux-ci n'avaient qu'un mépris superbe pour cette *poudre de salon*. Il existe au ministère de la guerre un comité chargé d'étudier toutes les questions nouvelles qui intéressent l'artillerie. J'ignore comment ce comité remplit habituellement sa tâche; mais il est certain qu'il prit dans cette circonstance une singulière attitude. En principe, il était rempli d'un dédain suprême pour les personnes qui avaient la prétention de traiter des questions pareilles sans toutes les notions indispensables du métier, et quand on parlait de la poudre-coton au Comité d'artillerie, le Comité d'artillerie haussait les épaules. Le colonel Piobert et le colonel Morin, qui représentent à l'Institut l'artillerie savante, arrivaient tous les lundis à l'Académie avec les notes les plus accablantes pour cette innocente invention, qui n'avait eu d'autre tort que de naître et de grandir loin de la sphère de l'administration officielle. Ils gourmandaient l'ignorance et la crédulité du public, ils nous renvoyaient dédaigneusement aux vieilles expériences de Réaumur et de Rumford;

Enfin, ils faisaient eux-mêmes des essais avec des produits mal préparés, et apportaient à l'Académie leurs résultats négatifs avec un très-visible sentiment de bonheur. Je n'ai jamais bien compris quel genre de satisfaction ces messieurs pouvaient ressentir alors. Les *Comptes rendus de l'Académie* ont même imprimé une note précieuse sous ce rapport, et que je recommande d'une manière spéciale à l'auteur futur du livre qui reste à faire sur les *encouragements accordés aux découvertes nouvelles*. Voici le passage le plus curieux de la note de MM. Piobert et Morin.

« Malgré le vague des renseignements « transmis jusqu'à ce jour sur les effets de « la poudre de coton, ou coton azoté, ainsi « que le désigne M. Pelouze, auquel on doit « la connaissance de cette matière vague « qui ferait même douter de ses propriétés « balistiques, l'artillerie n'en a pas moins « étudié cette substance. Les essais qui ont « été exécutés ont montré que ce coton, « contrairement à ce qui avait été annoncé, « donnait ordinairement un résidu formé « d'eau et de charbon; que sa combustion « ne donnait pas lieu à un très-grand développement de chaleur, qu'elle produisait « peu de gaz, à tel point qu'il s'échappait « quelquefois en totalité par la lumière et « par le vent du projectile sans le déplacer; « que le volume des charges les plus faibles « était en général très-considérable et excédait celui qu'il est convenable d'affecter à « la charge des armes à feu. » Les auteurs concluent que cette *singulière substance* ne paraît nullement propre à remplacer la poudre à canon (1).

« Ainsi, selon MM. Piobert et Morin, la poudre-coton n'avait aucune force explosive, les gaz s'échappaient par la lumière et par le vent du projectile sans le déplacer. Or, on sait aujourd'hui que l'inconvénient du coton-poudre n'est point son défaut de force explosive, mais tout au contraire, une puissance de ressort tellement considérable, qu'il est difficile de la contenir et de la régulariser pour son emploi dans les armes. Une autre circonstance curieuse de l'histoire de la poudre de coton, c'est la résistance obstinée que mit M. Schönbein à avouer sa défaite. Tout le monde préparait du coton-poudre, la fabrication de ce produit existait déjà sur une échelle assez étendue, on discutait les frais probables de l'opération industrielle, M. Schönbein persistait encore à tenir son procédé secret. Le 13 novembre 1846, il écrivait de Bâle la lettre suivante au journal le *Times :*

« Des chimistes ont déclaré que mon « fulmi-coton (ou coton-poudre) était la même « chose que la xyloïdine de Braconnot et de « Pelouze, et l'autre jour, la même opinion a « été exprimée dans l'Académie française des « sciences. J'ai plus d'une raison de nier « l'exactitude de cette assertion. La déclaration d'un très simple fait suffira pour prou« ver ce que j'avance. La xyloïdine de Pe« louze est, conformément aux déclarations « de ce chimiste distingué, facilement solu« ble dans l'acide acétique formant avec ce « dernier une sorte de vernis. Cet acide « n'a pas la moindre action sur le co« ton-poudre, quelque longtemps et à quel« que température que les deux substances « soient tenues en contact l'une avec l'autre. « Le coton-poudre montre tout son volume « et sa force d'explosion, après avoir été « traité par cet acide pendant des heures « entières. Il existe en outre d'autres dif« férences entre mon coton et la xyloïdine « de Pelouze. Je les ferai connaître en temps « utile. »

« Mais on laissait dire le pauvre inventeur qui voyait son secret lui échapper et ne savait pas en prendre son parti. Heureusement pour les intérêts de M. Schönbein, l'Allemagne a fait de cette question une affaire d'amour-propre national. M. Boettger, de Francfort-sur-le-Mein, qui avait l'un des premiers pénétré le secret de M. Schönbein, s'était associé à lui pour son exploitation. La Diète germanique, afin de constater les droits du pays à cette découverte, a accordé, comme récompense aux deux associés, une somme de 260,000 francs. Dès lors M. Schönbein a pu parler. Il va sans dire que ce qu'il nous a appris sur son procédé est parfaitement conforme à tout ce que l'on avait annoncé et écrit depuis six mois. »

« *Propriétés et effets explosifs du coton-poudre. — Comparaison de ses effets et de ceux de la poudre ordinaire. — Ses avantages et ses dangers. — Son avenir. — Applications diverses du coton-poudre.* — Comme toutes les inventions sérieuses, la poudre-coton a eu ses partisans et ses détracteurs passionnés. Une connaissance imparfaite des effets généraux des matières explosives avait fait naître des espérances exagérées, les préventions et la routine ont provoqué une résistance aveugle. Il est fort difficile de se prononcer aujourd'hui entre des assertions contradictoires, dans lesquelles, de part et d'autre, la vérité ne se montre que par un bout. Aussi, dans le public et parmi les savants, règne-t-il encore une très-grande incertitude sur la valeur réelle de la poudre-coton et sur les avantages ou les inconvénients de son emploi dans les armes. On avait attaché d'abord beaucoup d'importance à cette question, et dès l'origine de la découverte, une commission, composée d'ingénieurs, de membres de l'Institut et d'officiers supérieurs d'artillerie, fut instituée pour l'étudier d'une manière approfondie; le duc de Montpensier, qui avait particulièrement pris l'entreprise à cœur, eut une part active à ses premiers travaux. Par malheur, l'empressement et la promptitude sont, comme on le sait, les moindres défauts des commissions officielles; depuis cette époque le gouvernement et le public attendent inutilement l'arrêt définitif de la commission du coton-poudre. Comme il serait évidemment un

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1846, 2e semestre, p. 841.

peu long d'attendre le bon plaisir de nos savants officiels, nous allons essayer de faire connaître l'état présent de cette question; il nous suffira, pour cela, d'établir d'une manière précise, d'après les faits connus jusqu'à ce moment, les avantages et les inconvénients principaux que présente le coton-poudre relativement à son emploi dans les armes à feu. Toutefois disons d'abord un mot du procédé qui sert à obtenir ce produit. Le coton-poudre se prépare avec une simplicité et une promptitude extraordinaires. Toute l'opération consiste à plonger du coton non cardé dans de l'acide azotique très-concentré. Seulement, comme l'acide azotique très-concentré est un produit assez cher, on a eu l'idée d'employer l'acide ordinaire du commerce en y ajoutant de l'acide sulfurique. Ce dernier, qui est extrêmement avide d'eau, s'empare de l'eau excédante de l'acide azotique et le concentre ainsi à peu de frais. Les meilleures proportions de ce mélange ont été indiquées par M. Meynier, de Marseille; elles sont de trois volumes d'acide azotique pour cinq volumes d'acide sulfurique à 66 degrés. On fait donc le mélange de ces deux acides et on l'abandonne quelque temps à lui-même pour laisser dissiper la chaleur que ce mélange a dégagée. On plonge ensuite dans le liquide le coton non cardé, tel qu'on le trouve dans le commerce. Après douze à quinze minutes de séjour dans ce bain, on retire le coton avec une baguette de verre; on le comprime pour faire écouler l'acide en excès, et on le lave à grande eau, jusqu'à ce qu'il n'ait plus ni odeur ni saveur. Il ne reste plus qu'à le sécher en l'exposant à l'air libre, à la température ordinaire. Cent parties de coton donnent ordinairement cent soixante-douze parties de coton fulminant. Le papier traité de la même manière fournit un produit identique par ses propriétés avec le précédent.

« Le *pyroxyle*, tel est le nom scientifique récemmment imposé au coton-poudre et aux substances analogues, est un produit éminemment et essentiellement combustible; une étincelle l'enflamme, le choc d'un lourd marteau suffit quelquefois pour le faire détoner. On s'explique aisément cet effet quand on connaît sa composition chimique. Le pyroxyle est en effet une combinaison de la matière organique qui constitue le coton avec les éléments de l'acide azotique. Le coton et les matières végétales de la même espèce sont déjà des corps assez combustibles par eux-mêmes; en brûlant, ils donnent naissance à des produits gazéiformes, l'acide carbonique et la vapeur d'eau. Mais le coton pur ne renferme pas assez d'oxygène pour brûler complétement; il reste toujours, comme on le sait, après sa combustion un résidu de charbon assez abondant. Dans le pyroxyle, au contraire, l'acide azotique combiné au coton fournit à celui-ci tout l'oxygène nécessaire à sa combustion complète, et comme d'ailleurs l'acide azotique en se décomposant donne lui-même naissance à des produits gazeux, il résulte de ces deux effets réunis que le pyroxyle en brûlant se transforme totalement en fluides élastiques. Ce composé réunit donc toutes les conditions nécessaires pour constituer une poudre explosive, une matière solide se réduisant instantanément en gaz. Nous donnerons une idée de la masse énorme de gaz qui se forment dans cette circonstance en disant que, d'après des expériences directes, un volume de coton-poudre produit en brûlant huit mille volumes de gaz. On comprend d'après cela la possibilité de consacrer ce produit remarquable aux usages ordinaires de la poudre à canon.

« Les avantages que présente le pyroxyle dans les armes à feu sont faciles à résumer. La poudre-coton n'est pas altérée par l'eau; on peut l'abandonner longtemps à l'air humide sans qu'elle perde sensiblement de sa force explosive; on peut la plonger dans l'eau et l'y laisser séjourner; on lui rend en la séchant ses qualités ordinaires. Ainsi dans un cas d'incendie à bord d'un navire ou dans les bâtiments d'un arsenal, on pourrait noyer les poudres, et les retrouver ensuite avec leurs propriétés respectives. Le pyroxyle n'attaque pas, ne salit pas les armes qui, après quarante coups, sont aussi propres qu'auparavant; il ne laisse point, comme on l'avait dit, les armes humides, par suite de la production d'eau qui accompagne sa combustion : la chaleur produite est si considérable, que tous les produits volatils sont chassés du canon. Le coton-poudre brûle sans fumée et sans odeur. On a déjà tiré parti de cette propriété sur plusieurs théâtres de l'Allemagne, où l'on en fait usage pour les pièces à combat, à la grande satisfaction du public, des acteurs, et surtout des chanteurs. Dans les armées, cette propriété du pyroxyle aurait à la fois des inconvénients et des avantages; la fumée de la poudre ne masquant plus les hommes, la justesse du tir serait assurée; mais d'un autre côté les batailles en deviendraient bien plus meurtrières. J'ai entendu des marins prétendre qu'à bord des navires, l'usage de la poudre-coton rendrait les combats entièrement impossibles, attendu qu'au bout d'une heure d'engagement, les deux vaisseaux ennemis seraient, chacun de son côté, mis en pièces. La fabrication du pyroxyle ne présente aucun danger sérieux. Les accidents qui ont été signalés aux premières époques de la découverte tenaient uniquement à ce que l'on desséchait la matière à l'aide de la chaleur. Or, comme il n'y a aucune espèce d'avantage à sécher le coton-poudre en élevant sa température, et qu'en élevant sa température on s'expose à amener son explosion, on se contente aujourd'hui de le sécher dans un courant d'air, à la température ordinaire. Grâce à cette précaution bien simple, la préparation du pyroxyle est beaucoup moins dangereuse que celle de la poudre ordinaire. Le pyroxyle présente en outre dans sa fabrication l'avantage d'une rapidité excessive; une semaine suffirait pour approvisionner

de munitions une armée de cent mille hommes.

« Quant au prix de revient, il résulte des données fournies en 1849 par M. Meynier, de Marseille, que la poudre-coton pourrait s'obtenir à un prix qui n'est pas extrêmement supérieur à celui de la poudre ordinaire. D'après les résultats d'une fabrication exécutée sur une grande échelle, M. Meynier offre au gouvernement de lui fournir, avec bénéfice pour le fabricant, du coton-poudre à cinq francs le kilogramme. La poudre de guerre revient dans les poudreries nationales à un franc trente-cinq centimes le kilogramme; mais comme le pyroxyle produit dans les armes un effet explosif triple de celui de la poudre, et que par conséquent, pour obtenir un résultat donné il faut employer trois fois moins de pyroxyle que de poudre, on voit que le prix de revient de la poudre s'établit ainsi comparativement à quatre francs le kilogramme. Dans l'état actuel des choses, il n'y aurait donc qu'une différence de un franc entre les deux matières, différence considérable sans doute, mais qui probablement, à la suite d'une fabrication longue et régulière, finirait par s'effacer. Nous venons d'avancer que l'effet explosif du pyroxyle est triple de celui de la poudre. Tel est en effet assez sensiblement le rapport qu'ont fourni les expériences comparatives exécutées jusqu'à ce moment sur ces deux substances. M. le capitaine Suzanne et M. de Mézières, élève-commissaire des poudres et salpêtres, ont établi que cinq grammes de poudre-coton produisent sur une balle de fusil le même effet que treize à quatorze grammes de poudre à mousquet ordinaire. Ces expériences variées et étendues par MM. Piobert et Morin ont donné à peu près les mêmes résultats. Le pyroxyle offre sous le rapport de l'économie des avantages incontestables pour les travaux des mines. MM. Combes et Flandin ont trouvé en effet qu'il produit un effet cinq à six fois plus considérable que la poudre ordinaire des mines dans le *tirage* de la plupart des roches (1). L'emploi de la poudre-coton dans les mines a paru d'abord présenter un inconvénient particulier : sa combustion s'accompagne de la formation de gaz oxyde de carbone, et la présence de ce gaz est doublement fâcheuse en ce qu'il est vénéneux et inflammable. Mais M. Combes a trouvé qu'en ajoutant au pyroxyle 8 à 10 pour 100 de salpêtre, on s'oppose à la production du gaz oxyde de carbone, qui se trouve brûlé par l'oxygène du salpêtre et changé en acide carbonique. La force explosive du pyroxyle en est d'ailleurs notablement accrue, car il présente dès lors une puissance sept à huit fois plus considérable, à poids égal, que la poudre de mine. Tels sont les avantages qui se rattachent à l'emploi du coton-poudre; venons maintenant au côté inverse de la question. Les inconvénients que présente l'usage du pyroxyle peuvent se résumer en deux mots : sa force explosive est trop considérable; sa conservation est difficile; et ces deux inconvénients ont chacun une gravité qu'il est impossible de méconnaître. Pour qu'une poudre puisse s'employer avec une entière sécurité dans les armes, il faut qu'elle ne brûle pas trop vite. Quelle que soit, d'une manière relative, la rapidité de l'inflammation de la poudre dont nous faisons communément usage, il est facile cependant de montrer par l'expérience que, pendant sa combustion, sa masse entière ne s'embrase point à la fois, mais que toujours elle brûle de place en place, et pour ainsi dire couche par couche. Il résulte de là que les gaz qui proviennent de cette combustion ne sont pas brusquement et instantanément formés, mais qu'au contraire ils prennent naissance d'une manière graduelle et successive. Dès lors tout leur effet se porte sur le projectile et n'exerce sur les parois de l'arme aucune action destructive. Tel n'est pas malheureusement le mode de combustion du coton-poudre. Comme ce n'est pas un simple mélange de matières inflammables, mais une véritable combinaison, le pyroxyle s'embrase tout entier dans un espace de temps presque indivisible, et cette excessive rapidité d'inflammation, qui fait sa supériorité comme agent balistique, constitue précisément ses dangers. Avec des charges ordinaires, son usage n'offre aucun inconvénient, mais si l'on dépasse les limites nécessaires pour une arme donnée, il peut arriver que l'arme éclate entre les mains ou qu'elle souffre au bout de peu de temps des dégradations considérables. Au mois de janvier 1849, M. Morin a communiqué à l'Académie des sciences des faits dont la portée sous ce rapport semble très-sérieuse. Il a parlé de fusils de munition et de bouches à feu mises hors de service par des charges de coton-poudre qui ne dépassaient pas de beaucoup les limites ordinaires. L'auteur de ces expériences a trop de crédit en pareille matière pour que son témoignage puisse être contesté; on peut cependant faire observer à cet égard que Berzélius, dans le dernier de ses *Rapports annuels*, en parlant du coton-poudre, assure qu'en Suède et en Angleterre,

(1) Il est certain, d'après ce résultat, que lorsque le gouvernement voudra remplacer la poudre de mine par le pyroxyle, il pourra réaliser sur ses dépenses une économie de plus de trois millions par an. C'est ce qu'il est facile d'établir. On consomme chaque année en France, très-approximativement, trois millions de kilogrammes de poudre de mine. Cette poudre, bien qu'elle ne coûte en frais de fabrication que un franc vingt centimes le kilogramme, revient cependant à l'État, au moment où elle arrive aux mains du consommateur, à très-peu de chose près, ce que celui-ci la paye, c'est-à-dire à deux francs. C'est donc sensiblement six millions que coûte cette poudre. En se fondant sur la donnée rapportée plus haut relativement à la force explosive du pyroxyle (et cette évaluation est plutôt atténuée qu'exagérée), il ne faudrait que six cent mille kilogrammes de pyroxyle pour produire le même effet que les trois millions de kilogrammes de poudre de mine. Or, ces six cent mille kilogrammes de pyroxyle reviendraient au plus, à l'État, à deux millions quatre cent mille francs. Il y aurait donc pour le gouvernement un bénéfice de trois millions six cent mille francs.

il n'a occasionné aucun accident sérieux. Les faits signalés par M. Morin paraissent donc réclamer un examen nouveau, et quand la commission du coton-poudre voudra bien nous communiquer ses conclusions définitives, elle aura résolu une question dont la solution prompte et entière touche à des intérêts bien divers.

« La difficulté de conserver le pyroxyle est un fait grave et nouveau sur lequel M. Maurey, directeur de la poudrerie du Bouchet, a récemment appelé l'attention des savants. Le pyroxyle semble jusqu'à ce moment un produit peu stable, ses éléments paraissent avoir une tendance particulière à se désassocier; de là des altérations diverses et un commencement de décomposition dans les produits conservés un certain temps. D'après M. Maurey, la poudre-coton placée dans un lieu bien sec, et tenue dans des barils fermés à l'abri de l'action de l'air, présente néanmoins, au bout de huit à dix mois, des signes d'altération. La masse s'est humectée, elle répand une odeur vive et piquante; elle s'est ramollie et quelquefois presque réduite en pâte. Cette décomposition peut s'accompagner d'un dégagement de chaleur, et s'il arrive que la masse en travail soit considérable, l'échauffement peut aller au point de provoquer son inflammation. Telle est probablement, selon M. Maurey, la cause de l'explosion arrivée à Vincennes le 25 mars 1847 et le 2 août de la même année.

« C'est sans doute un fait du même genre qui a amené la catastrophe arrivée le 17 juillet 1848, à la poudrerie du Bouchet. On avait préparé au Bouchet seize cents kilogrammes de poudre-coton, et quatre ouvriers étaient occupés à l'enfermer dans des barils, lorsque sans cause connue le magasin sauta. Les désastres furent effroyables. Les quatre ouvriers occupés à emmagasiner le coton-poudre furent tués, trois autres blessés. Le bâtiment, dont les murs avaient, les uns un mètre, et les autres cinquante centimètres d'épaisseur, fut détruit de fond en comble; il se forma à sa place une excavation de seize mètres de diamètre sur quatre de profondeur. Toutes les douelles et tous les cercles des barils où le pyroxyle était enfermé avaient entièrement disparu, comme s'ils eussent été volatilisés. Toutes les pièces de bois de la construction étaient brisées. Cent soixante-quatre arbres situés aux environs étaient ou complétement emportés ou coupés, les uns ras de terre, les autres à diverses hauteurs; les plus voisins étaient dépouillés de leur écorce et divisés jusqu'aux racines en longs filaments. Jusqu'à trois cents mètres environ on retrouva une ligne de matériaux placés par ordre de densité, les pièces de bois le plus près, ensuite les pierres, enfin plus loin les débris de fer.

« Nous avons scrupuleusement et impartialement exposé les inconvénients et les avantages qui se rattachent à l'emploi du coton-poudre. Quelle conclusion tirer de ces faits? Faut-il croire que cette découverte, accueillie à son origine avec tant d'admiration et d'enthousiasme, soit destinée à s'ensevelir bientôt dans l'oubli? Faut-il penser qu'après avoir éveillé tant d'espérances, elle n'aura créé pour nous que des dangers sans nous laisser quelques avantages en échange? Cette question, grave et complexe, impose nécessairement une extrême réserve. Il nous semble cependant que, même dans l'état présent des choses, le pyroxyle présente une série d'avantages de nature à mériter l'attention. Une poudre absolument inattaquable par l'eau, de propriétés et de composition constantes, qui ne souille ni la main ni les vêtements, ni les armes; trois fois plus légère à transporter que l'ancienne poudre, puisqu'elle est trois fois plus puissante, susceptible de subir sans la moindre altération les voyages par mer; une poudre qu'on peut inonder dans un arsenal ou dans la cale d'un navire, et retrouver plus tard intacte : voilà assurément un produit qui l'emporte sous bien des rapports sur l'ancienne poudre, qui souille les mains, qui noircit les armes, que l'air humide altère, que l'eau détruit sans retour. La supériorité du coton-poudre pour l'usage des mines et le tirage des rochers paraît d ores et déjà à peu près établie. En 1847, le duc de Montpensier et le général Turgot de Lanoye, directeur des poudres et salpêtres, avaient formé le projet d'établir plusieurs ateliers de fabrication de pyroxyle pour le tirage des roches; la révolution de Février est venue retarder l'exécution de ce projet qui, nous l'espérons, sera repris et permettra de décider la question d'une manière définitive. Quant à l'emploi de la poudre-coton dans les armes, il est certain qu'il existe ici des difficultés sérieuses; cependant elles ne sont peut-être pas assez graves pour faire abandonner sans retour les espérances conçues. Une étude approfondie et persévérante des faits nouveaux que ces questions soulèvent pourra fournir un jour les moyens de modérer, de retarder, de régulariser l'explosion du pyroxyle, comme aussi de modifier sa préparation de manière à éviter le fâcheux phénomène de sa décomposition spontanée. Que les hommes du métier, que les savants compétents prennent en main l'étude de ce problème, et sans doute quelque solution inattendue viendra couronner et récompenser leurs efforts. Il ne faut pas l'oublier, en effet, la découverte du coton-poudre date de sept ans à peine (1846). Et qu'est-ce qu'un intervalle de sept années pour le perfectionnement des inventions humaines? N'a-t-il pas fallu quatre siècles pour faire de la poudre actuelle l'agent puissant et sûr que nous connaissons? Mais, d'ailleurs, de nos jours, après tant de travaux, d'expériences, d'innombrables essais, malgré les précautions inouïes dont on s'environne, peut-on dire avec certitude que notre poudre à canon présente dans ses effets une sécurité absolue? L'existence d'une poudrière aux abords de nos villes n'est-elle pas pour les populations une cause d'invincibles terreurs, la source de perpétuelles alarmes? Des événements formidables ne viennent-ils

pas, par intervalles, justifier et redoubler ces craintes ? Quand la poudre manque de densité ou que son grain est trop fin, elle fait éclater les armes, et le même effet se produit si l'on outre-passe par mégarde les limites de la charge. En 1826, quand l'artillerie voulut substituer aux poudres de pilons des poudres plus énergiques, on crevait les bouches à feu. Cette sécurité si vantée de notre poudre à canon a donc aussi ses limites, et dans tous les cas elle est de date fort récente. Il a fallu quatre siècles pour dompter la poudre à canon, et l'on s'étonne aujourd'hui que sept ans n'aient pas suffi pour dompter le coton-poudre, qui a une puissance triple. Pour décider en dernier ressort ces questions capitales, invoquons de plus saines, de moins exclusives notions; défions-nous des entraînements regrettables d'un enthousiasme irréfléchi ; mais aussi tenons-nous en garde contre l'aveuglement de préventions injustes fondées sur la tyrannique puissance de la routine et des habitudes. Recherchons avec sincérité le secours et l'infaillible témoignage de la science, et sachons accepter sans arrière-pensée systématique ce qui se présente à nous avec les dehors incontestables du progrès.

« Un dernier trait terminera l'histoire du produit intéressant qui vient de nous occuper. Dans les premiers temps de sa découverte, la poudre-coton avait provoqué dans le public un extrême engouement ; à cette époque elle était bonne à tout. Rappelons en quelques mots les diverses applications de ce nouvel agent, qui ont été essayées alors avec plus ou moins de succès. Quelques mécaniciens ont voulu tirer parti de la prompte transformation du coton-poudre en fluides gazeux, pour soulever le piston des machines ; les gaz produits par la combustion auraient remplacé la vapeur comme agent mécanique. Mais il n'était pas difficile de prévoir que la production des gaz pendant l'inflammation du pyroxyle est trop brusque et trop rapide pour être utilisée commodément et avec sécurité. L'explosion des machines mit fin aux expériences.

« Les matières alimentaires renferment une assez forte proportion d'azote ; or, le pyroxyle est un corps azoté. Cette analogie a paru suffisante à deux de nos savants pour rechercher si le coton-poudre ne pourrait pas être employé comme substance alimentaire. L'idée était étrange et assez mal venue de la part de physiologistes mieux familiarisés d'ordinaire avec les lois de la nutrition. Cependant l'Académie fut instruite par un mémoire *ad hoc* qu'on avait réussi à nourrir des chiens avec le pyroxyle. Seulement les auteurs de l'expérience ajoutent ingénument qu'ils ont favorisé l'action nutritive du coton-poudre par l'administration d'une certaine quantité de riz : les adjuvants sont de bonne guerre. — M. Pelouze a proposé d'appliquer le pyroxyle à la fabrication des amorces fulminantes ; la substitution de ce produit au fulminate de mercure aurait eu pour résultat d'éviter les dangers épouvantables dont s'accompagne la fabrication des amorces par les procédés actuels. Le pyroxyle obtenu avec des tissus très-serrés de lin, de chanvre ou de coton, détone aisément par le choc, et si l'on coupe de petites rondelles de ces tissus et qu'on les place au fond de capsules de cuivre, on obtient des amorces dont la détonation est très-énergique. Cependant cette application du coton-poudre n'a pas jusqu'ici donné de bons résultats aux praticiens qui l'ont exécutée. Les effets des capsules pyroxyliques sont irréguliers ; en outre les armes sont attaquées et détériorées par suite de la formation d'un produit acide, l'acide azoteux, qui prend, dit-on, naissance quand le pyroxyle brûle à l'air libre. Le coton-poudre paraît devoir fournir des résultats plus avantageux dans son application à la pyrotechnie. Des papiers fulminants trempés dans des dissolutions d'azotate de strontiane, de sulfate de cuivre, d'azotate de baryte, produisent de très-beaux feux rouges, verts et blancs. On a aussi fait des essais avec des pyroxyles obtenus à bas prix au moyen de la paille, de la sciure de bois ou de matières végétales analogues. L'immersion de ces produits fulminants dans ces dissolutions salines a l'avantage de retarder leur inflammation, de donner plus de durée à la combustion et de favoriser par conséquent les divers effets que l'artificier cherche à produire.

« Un étudiant en médecine des États-Unis a fait du coton-poudre une application assez inattendue ; il s'en est servi pour le pansement des plaies, et voici comment. Le coton-poudre est soluble dans l'éther ; or, M. Maynard, de Boston, a trouvé que cette dissolution constitue une sorte de vernis qui jouit d'une force d'adhésion très-remarquable ; appliqué sur la peau, ce vernis adhère avec beaucoup de force à sa surface et résiste parfaitement à l'action de l'eau et des humeurs. On a donné à ce nouveau produit le nom de *collodion*. Un morceau de toile de quatre centimètres de largeur recouvert de ce *collodion*, et appliqué sur le creux de la main, supporte sans se décoller un poids de quinze kilogrammes ; la toile se rompt plutôt que de se détacher. Les chirurgiens américains se servent avec avantage du *collodion* pour le pansement des plaies. On rapproche les lèvres de la plaie, et au moyen d'un pinceau on les couvre d'une couche de collodion ; par suite de la dessiccation, la réunion des deux bords est parfaitement établie. La contraction que la matière éprouve en séchant resserre les lèvres de la blessure plus fortement et d'une manière plus égale que ne pourrait le faire tout autre moyen contentif. La plaie est parfaitement préservée de l'air, et la transparence de l'enduit permet de voir à travers et de juger de l'état des parties sous-jacentes ; enfin son insolubilité dans l'eau donne au chirurgien la faculté de laver sans rien détacher. L'usage du collodion s'est répandu récemment en Angleterre et en France ; M. Malgaigne l'a

le premier adopté parmi nous. On se sert, d'après son conseil, de bandelettes trempées dans le collodion, ce qui donne plus de solidité à l'appareil. Aujourd'hui l'emploi de la dissolution éthérée du coton-poudre est devenu habituel dans nos hôpitaux. Ainsi, comme la lance d'Achille, la poudre-coton peut guérir les blessures qu'elle a causées. Si donc, contre toute attente probable, il fallait un jour définitivement renoncer à consacrer le coton-poudre aux usages de la guerre, sa découverte ne serait pas encore restée absolument stérile, puisqu'elle aurait au moins servi à étendre les ressources de l'art chirurgical. Destiné dans l'origine à devenir un instrument de destruction, ce singulier produit aurait plus pacifiquement terminé sa carrière en prenant place parmi les salutaires moyens de la chirurgie moderne. Et trop heureuse l'humanité si tant d'inventions meurtrières créées pour semer autour de nous le deuil et les funérailles, se trouvaient, par quelque revirement subit, heureusement transformées en autant de baumes bienfaisants propres à panser nos blessures et à calmer nos douleurs ! »

POUDRE FULMINANTE. — Composition chimique susceptible de faire explosion au moindre choc. Jusqu'ici on ne se rend pas facilement raison de la rapidité avec laquelle les gaz se dégagent. Nous avons déjà donné à l'article POUDRE A CANON quelques notions sur *la poudre chlorate de potasse expérimentée par Berthollet en* 1788 ; nous allons extraire du *Dictionnaire des Arts et Manufactures* ce qui concerne les *fulminates de mercure* et les *fulminates d'argent* plus particulièrement employés dans la composition des capsules destinées aux *armes à percussion*. — *Voy.* ARMES.

Fulminate de mercure. — « Ce sel, qui se compose de 0,24 d'acide *fulminique* (1) et de 0,76 d'oxyde de mercure et qui est aussi connu sous le nom de poudre fulminante de Howard, est actuellement exclusivement employé pour la fabrication des capsules et amorces fulminantes.

« Le procédé de préparation le plus convenable, tant sous le rapport de la qualité du produit que sous celui de l'économie et de la sûreté de l'opérateur est le suivant :

« On dissout à une douce chaleur 100 parties en poids de mercure dans 1,000 parties d'acide nitrique ayant une densité de 1,40, et on verse cette dissolution, préalablement portée à 55° cent. dans 830 p. d'alcool ayant une densité de 0,83. Si l'on mesure le mercure, l'acide nitrique et l'alcool au volume, ce qui est plus commode, il faudra pour 1 partie du premier, prendre 7 p. 1/2 du second et 10 p. du dernier de ces corps. La dissolution du mercure dans l'acide nitrique se fait dans une cornue en verre tubulée dont le col plonge dans un ballon à deux tubulures, placé dans un vase où arrive constamment de l'eau fraîche, et dans lequel se condense une grande partie des vapeurs acides qui se dégagent de la cornue ; la liqueur ainsi condensée est plus tard reversée dans la cornue. Quand tout le mercure est dissous, et que la dissolution a atteint la température de 55°, on la verse lentement à l'aide d'un entonnoir en verre dans l'alcool renfermé dans un matras en verre dont le volume soit au moins six fois plus considérable que celui de la liqueur qu'il doit contenir. Au bout de quelques minutes, il commence à se former, sur le fond du matras, un léger dégagement de gaz, dont la quantité augmente peu à peu, jusqu'à produire un bouillonnement très-vif et à donner au liquide une apparence mousseuse. Il se dégage alors, par le col du matras, une vapeur épaisse et blanchâtre qui est extrêmement inflammable, et qui par conséquent doit être conduite au dehors et rejetée dans l'atmosphère, en ayant bien soin qu'elle ne rencontre aucun corps enflammé. Cette vapeur est en grande partie composée d'éther nitreux, qui entraîne avec lui, probablement d'une manière mécanique, une certaine quantité de mercure. Les essais faits pour condenser ce dernier, en faisant passer cette vapeur à travers une dissolution de sous-carbonate de soude, rendant la formation du fulminate beaucoup plus difficile et altérant sa qualité, par suite du léger excès de pression qui en résulte, on a été obligé d'y renoncer. Quand le bouillonnement et le dégagement des vapeurs blanchâtres ont cessé, on jette le contenu du matras sur un filtre en double papier sans colle, et on lave le précipité de fulminate à l'eau pure et froide, jusqu'à ce que les eaux de lavage n'exercent plus aucune réaction acide sur le papier de tournesol. On enlève alors le filtre de l'entonnoir et on l'étend sur une plaque de cuivre laminé ou de faïence chauffée en dessous à 100° par un courant de vapeur. On partage ensuite le précipité desséché en portions de 5 à 6 grammes ; de ces parties on renferme chacune dans un papier, que l'on introduit après dans une caisse ou un grand bocal en verre fermé avec un bouchon.

« Lorsque le fulminate a été bien préparé, il se présente sous la forme de petits cristaux brillants d'un gris brunâtre, qui paraissent transparents lorsqu'on les place sur un verre de montre, et qu'on les humecte de quelques gouttes d'eau ; ils se dissolvent sans résidu dans 130 parties d'eau bouillante, et se précipitent de nouveau à l'état cristallin par le refroidissement. En suivant le procédé que nous venons de décrire, et qui est celui qui a été adopté en Angleterre à la suite des recherches du docteur Ure, faites en 1831 au nom de la commission d'enquête, instituée lors du remplacement, dans l'armée anglaise, des fusils à pierre par les fusils à

(1) ACIDE FULMINIQUE. — Cet acide, isomère avec l'acide cyanique n'a pu encore être obtenu à l'état libre ; on ne connaît que ses combinaisons avec les bases ; à cet état, il est représenté par la formule $C^4 Az^4 O^2$, et ses sels par la formule $C^4 Az^4 O^2 + 2\,MO$; les fulminates renferment, tantôt 2 atomes de base fixe, et ils sont alors neutres au papier, tantôt 1 atome de base fixe et 1 atome d'eau ; dans ce dernier cas, ils possèdent une réaction acide.

piston et qui est celui qui donne la plus forte proportion de fulminate; on obtient de 100 parties en poids de mercure, 130 p. de fulminate; or, comme 100 p. de mercure correspondent à 142 de fulminate, la perte en mercure est de 8 1/2 p. 100 du mercure employé. Le fulminate de mercure se décompose avec flamme et explosion, soit par le choc, soit lorsqu'on le chauffe à la température de 188°; il se dégage de l'azote, de l'acide carbonique et des vapeurs d'eau et de mercure.

« Il est nécessaire, pour que le choc donne lieu à une explosion, que les corps choqués possèdent une certaine dureté; ainsi, le choc du bois contre du bois, ou même du fer contre du bois, ne détermine pas l'explosion; elle n'arrive que très-rarement entre le fer et le plomb, plus facilement, quoique avec difficulté, entre le verre et le verre, le marbre et le marbre. Elle se produit toujours entre le fer et le fer, un peu moins facilement entre le fer et le bronze, le fer et le cuivre; par le frottement on la détermine entre deux plaques de bois. Les cristaux les plus gros détonent le plus facilement. Lorsqu'on humecte le fulminate de 5 p. 100 de son poids d'eau, la partie plus violemment choquée détone seule; l'inflammation ne se propage pas lorsqu'on l'humecte avec 30 pour 100 d'eau; on peut sans danger le broyer sur une table de marbre avec une molette en bois; lorsqu'on le recouvre d'une traînée de poudre ordinaire, celle-ci est projetée par l'explosion sans s'enflammer; mais si la poudre est renfermée dans une cartouche, elle s'enflamme à coup sûr. Aussi on pourrait n'employer que du fulminate pur pour la confection des capsules fulminantes; mais il vaut mieux le mélanger, dans le but d'assurer complétement l'inflammation de la charge, avec une petite quantité de poudre ordinaire ou de toute autre matière combustible analogue, qui s'enflamme infailliblement par son mélange intime avec son fulminate, et qui projetée violemment entre les grains de poudre qui composent la charge en détermine à son tour l'inflammation. L'expérience, du reste, a montré que dans les nouveaux fusils à percussion, on obtenait la même portée que dans les anciens fusils à pierre, en réduisant la charge de poudre aux 85 centièmes de ce qu'elle était primitivement.

« En France, on calcule que, en moyenne, 1 k. de mercure produit 1 k. 1/4 de fulminate, qui suffit pour préparer 40,000 capsules. A cet effet, on broie le fulminate avec 30 p. 100 de son poids d'eau, sur une table en marbre avec une molette de bois, et on y incorpore 6/10 de son poids de poudre ordinaire. On introduit ensuite cette pâte dans les capsules. Pour prévenir l'action de l'humidité, on recouvre la pâte ou on la broie avec de la teinture de benjoin, ou mieux, suivant les essais faits par la commission d'enquête que nous avons déjà citée, avec une dissolution de mastic dans l'huile essentielle de térébenthine.

« Les capsules se font en cuivre mince embouti à la mécanique; pour empêcher le crachement, on refend ordinairement les bords en quatre jusqu'à la moitié de leur hauteur, et on pratique dans le piston une échancrure dirigée en avant du côté du canon du fusil. L'expérience a montré que lorsque, par un choc ou au moyen d'une tige de fer rouge, on fait détoner une ou plusieurs capsules au milieu d'une caisse qui en est remplie, les capsules touchées détonent seules et l'inflammation ne se propage pas, à moins que l'on n'ait jeté de la poudre à tirer entre les capsules.

« *Fulminate d'argent.* — Le fulminate d'argent se prépare absolument de la même manière que le fulminate de mercure, à cette différence près que l'on remplace le mercure par de l'argent fin, et que l'on laisse refroidir la dissolution d'argent dans l'acide nitrique avant de la verser dans l'alcool. Une autre méthode très-simple de le préparer est la suivante. On prend du nitrate d'argent réduit en poudre fine que l'on introduit dans un matras avec de l'alcool concentré, on agite, et on y ajoute une quantité d'acide nitrique fumant égale à celle de l'alcool. La liqueur se met à bouillonner, le nitrate d'argent se dissout d'abord, puis il se décompose, et il se sépare un précipité floconneux formé d'une agglomération de petites aiguilles de fulminate d'argent. Lorsqu'il ne se forme plus de précipité, on étend l'eau, on filtre, on lave jusqu'à ce que les eaux de lavage n'aient plus de réaction acide, et on dessèche le précipité avec précaution.

« Le fulminate d'argent est encore beaucoup plus explosif que celui de mercure, et n'est pas par suite employé dans la confection des capsules et amorces fulminantes; sa préparation exige les plus grandes précautions, et on ne doit opérer à la fois que sur des quantités extrêmement minimes; elle a donné lieu à beaucoup d'accidents; le plus récent est celui du chimiste anglais Hennel, qui en préparant un demi-kilog. à la fois y trouva la mort. L'explosion de cette masse le mit en pièces et ses membres séparés furent projetés à des distances considérables les uns des autres. On n'emploie guère le fulminate d'argent, que pour la préparation des pois fulminants et autres objets analogues. Pour préparer les pois fulminants, on prend de petites perles en verre creux de la grosseur d'un petit pois, on y introduit un peu de fulminate d'argent humide, et on enveloppe la perle d'un morceau de papier brouillard, puis on laisse sécher; lorsqu'on jette ce pois par terre avec force ou qu'on le brise de tout autre manière, le frottement des esquilles de verre sur le fulminate en détermine l'explosion. »

POUDRETTE DÉSINFECTÉE. — La Société centrale d'agriculture, ainsi que la Société pour l'encouragement de l'industrie nationale avaient proposé, depuis douze ou quinze ans des prix importants pour la dé-

sinfection des matières fécales et leur appropriation aux besoins de l'agriculture (1).

Comme agriculteur exploitant une contrée éloignée de Paris, où cette sorte d'engrais, convenablement préparé et condensé, produirait des avantages immenses, j'attendais avec impatience le résultat des concours ouverts sur ce sujet.

Plusieurs années s'écoulèrent, et malheureusement les espérances que l'on avait conçues n'étaient point encore réalisées. M. de Gérando disait, dans le rapport sur le résultat général des concours ouverts pour l'année 1839 : « Les questions mises au concours demandent une tout autre solution ; on doit regretter que les concurrents n'aient pas mieux compris les exigences. »

« Aucun des concurrents, disait M. Gaultier de Claubry, rapporteur du même concours pour l'année 1844, n'a satisfait complétement aux conditions du programme. »

Ce fut alors que je me décidai à reprendre la suite de quelques expériences que j'avais tentées autrefois sur les moyens de désinfecter les matières fécales en faisant usage *seulement* de substances *nécessaires* à la végétation. J'avais déjà dit moi-même dans un rapport à cette Société : « La solution la plus rationnelle et la plus désirable du problème consiste dans la dessiccation et la désinfection rapide des matières, et leur utilisation pour l'agriculture. » Enfin, en 1847, le prix fut à peu près retiré du concours : beaucoup de concurrents s'étaient présentés ; ils avaient, sans contredit, avancé la question, mais aucun d'eux n'en avait trouvé, à mon avis, la solution complète, tant au point de vue agricole que sous le rapport industriel et économique.

Je fus vivement contrarié du faible résultat qu'avaient produit des concours aussi importants; c'est alors que, dans une conversation qui eut lieu dans les bureaux de la Société d'encouragement entre plusieurs de mes collègues et moi, j'exprimai hautement ma surprise et mes regrets de ce qu'il ne fût venu à l'idée d'aucun des concurrents d'employer les moyens si simples, si économiques, *très-connus d'ailleurs*, que l'expérience m'avait indiqués comme les plus avantageux, savoir : le *charbon*, comme désinfectant et l'un des principaux éléments constitutifs des végétaux ; le *plâtre*, qui est l'un des excitants les plus puissants de la végétation des plantes qui composent les prairies artificielles, qui est à la fois un corps absorbant et antiseptique, jouissant de la précieuse propriété de convertir l'ammoniaque, qui se perd et se volatilise dans l'air, en un sel fixe et non volatil, qui fournit *peu à peu* l'azote dont les plantes ont besoin pour leur végétation. Je rendis compte alors des essais auxquels je m'étais livré, ainsi que des résultats que j'en avais obtenus. C'est à la communication obligeante qu'en a faite l'une des personnes présentes à cette discussion, M. E. Vincent, que je dois l'honneur d'avoir été cité dans le *Bulletin* de la *Société d'encouragement* (juin 1848), et dans le *Cultivateur*, journal des progrès agricoles, au nombre des agronomes qui se sont utilement occupés de cette question.

Je n'ai pas cru devoir publier plus tôt les expériences que j'ai faites sur ce sujet, d'abord parce qu'elles étaient très-incomplètes; qu'il y avait, d'ailleurs, fort peu de mérite à faire une application si facile et si naturelle des propriétés chimiques très-connues du *plâtre* et du *charbon;* enfin parce qu'une telle publication m'eût peut-être posé en *rival* des concurrents que je pouvais être appelé, moi-même à juger. Aujourd'hui que mes essais sont parvenus indirectement et surtout d'une manière insuffisante et incomplète à la connaissance du public, que des agriculteurs distingués se sont adressés à moi pour avoir des renseignements précis et positifs, j'ai pensé qu'il était de mon devoir de livrer à la publicité les résultats des expériences et des recherches que j'ai faites sur ce sujet; les voici :

Expériences. — Les déjections solides d'un individu, pendant une semaine, ont été recueillies dans un vase, saupoudrées et recouvertes, immédiatement après chaque dépôt, avec du *plâtre* cuit, pulvérisé, et du poussier de *charbon*.

A la fin de la semaine, il se trouva que l'on avait employé :

Plâtre, 1 kilo 200 grammes (1 litre 10 centilitres).
Charbon, 260 grammes (50 centilitres).

Il y avait environ un tiers de poudre de trop, c'est-à-dire qui n'avait pas été utilisé. Aussitôt après que cette poudre désinfectante avait été répandue, l'odeur de la matière diminuait considérablement ; elle aurait même disparu tout à fait, si ces matières eussent été triturées ou mélangées avec la poudre, ce qui n'eut pas lieu ; cependant, quelques jours après, elles étaient sèches et tout à fait inodores. Plus tard, la substance organique avait acquis une grande dureté ; elle avait conservé sa forme, mais les cylindres étaient réduits aux deux tiers de leur volume primitif ; ils étaient poreux, c'est-à-dire qu'ils contenaient un grand nombre de petites cavités ; ils étaient aussi d'une extrême légèreté. Six mois après, le mélange, qui était resté dans un lieu bas et obscur, avait contracté une odeur de moisi ; il fut broyé et pulvérisé avec facilité : en cet état, il n'avait aucune apparence ni la moindre odeur qui pussent faire soupçonner son origine.

Son volume était de 1 litre 80 centilitres.
Son poids était de 1 kilo 500 gram.

Comme l'emploi des poudres employées était de 1,460 grammes, on voit qu'il ne restait que 40 grammes pour le poids de la matière organique sèche, ce qui paraît insuffisant, quelle qu'en soit la légèreté en

(1) La note industrielle qui suit est du docteur J. Ch. Herpin (de Metz).

le degré de dessiccation ; il est donc probable qu'une petite quantité des poudres aura été perdue ou enlevée par le vent. Le mélange fut ensuite humecté et délayé avec de l'eau. Dans cet état, il n'a pas présenté la moindre trace d'odeur ou de similitude rappelant le produit primitif. Enfin cet engrais fut essayé, à l'état pulvérulent, sur des céréales, du trèfle, des choux, des haricots, etc., et l'on ne tarda pas à en apercevoir les bons effets, notamment sur les choux et les plantes de la famille des crucifères.

Fabrication de la poudrette désinfectée. — La première condition à remplir pour la préparation de cet engrais est la séparation des matières solides d'avec les liquides. Le travail important publié par M. E. Vincent dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* pour les années 1847 et 1848 fait connaître plusieurs procédés et appareils qui peuvent être employés avantageusement pour obtenir cette séparation.

Le mieux est de *recueillir séparément* les déjections solides et les liquides, puisque la nature elle-même les a séparés, et que la conformation de nos organes se prête parfaitement à cette division. La seconde condition est le bon choix des matières qui doivent entrer dans la composition de l'engrais ; car l'expérience a démontré que les matières provenant des hôpitaux, des casernes ou des maisons de détention sont beaucoup moins fertilisantes que celles qui proviennent des maisons d'aubergistes, de restaurateurs, et de celles qui sont habitées par des personnes riches ou aisées. Enfin, en troisième lieu, les proportions du plâtre et du charbon que l'on doit employer ne sont pas indifférentes. Ainsi, pour l'engrais destiné à être porté au loin et dont le transport sera nécessairement dispendieux, il convient d'augmenter le plus possible les proportions de la matière organique, de choisir la meilleure qualité, et enfin de diminuer beaucoup la proportion du *plâtre*, qui augmente considérablement le poids du composé.

Les matières solides, recueillies dans des vases portatifs ou garde-robes disposés à cet effet, seront recouvertes, comme il a été dit plus haut, avec la poudre absorbante et désinfectante (plâtre et charbon), aussitôt après leur production, elles seront transportées, tous les huit ou quinze jours à l'établissement central dans lequel se fera la préparation en grand de la poudrette désinfectée. Il est convenable que le *plâtre* et le *charbon* soient toujours bien secs, et qu'ils soient renouvelés à chaque quinzaine. Au moyen d'un mécanisme fort simple, en tournant ou en tirant un bouton, ou même par le seul poids du corps posé sur le siége, le réservoir adapté à l'appareil laissera échapper la quantité de poudre désinfectante nécessaire, ainsi que cela se fait d'ailleurs pour l'eau, dans quelques appareils dits à *l'anglaise*. Le même mécanisme pourrait, au besoin, faire le mélange des matières elles-mêmes avec les poudres. Enfin, la cuvette peut être recouverte et close hermétiquement par une fermeture hydraulique. Arrivées à la fabrique, les matières sont mélangées et triturées au moyen de machines appropriées, telles que par exemple, le manége dont on se sert pour la confection des mortiers, ou simplement par le piétinage avec des bœufs ou des chevaux. Ensuite on déposera ces matières dans des boîtes, où elles seront soumises à l'action d'une forte presse, d'un mouton, ou tout simplement foulées et comprimées à coups de pilon, et réduites en tourteaux cubiques de 25 centimètres de côté et du poids d'environ 15 kilogrammes chacun. Ces cubes seront percés au milieu, de part en part, avec une broche de fer, d'un petit trou destiné à donner issue à l'humidité intérieure. Les tourteaux seront ensuite exposés pendant quelques jours sous des hangars à l'action de l'air, pour en compléter la dessiccation. Ils peuvent être alors emmagasinés ou empilés avec la plus grande facilité, être chargés de même, et *sans aucun emballage*, dans des wagons ou voitures quelconques, pour être transportés à leur destination.

Prix de revient de la poudrette désinfectée. — On estime que le poids moyen des matières fécales solides rendues chaque jour par un individu est de 125 grammes; par conséquent, pour un an 45 kilogrammes 625 grammes. Mais cette matière contient, dans l'état normal, environ 75 ou 80 pour 100 de son poids d'eau ; par conséquent, le poids de la matière organique, à l'état sec, se réduit à 9 kilogrammes par an pour chaque individu. Il s'agit donc d'enlever et d'absorber une partie (le tiers ou le quart) de l'eau normale que contiennent les matières, pour les désinfecter et les dessécher de manière à ce qu'on puisse les travailler sans inconvénient ni danger. Or, d'après nos expériences, 1 décimètre cube ou 1 litre de plâtre blanc cuit, pulvérisé, tamisé, pèse 1 kilogramme 90 grammes et absorbe ou boit 1 kilogramme 100 grammes d'eau, lorsqu'on le gâche de manière à en faire une pâte susceptible de se solidifier (ni fort ni noyé). Un litre de poussier de charbon pèse 550 grammes et absorbe 260 grammes d'eau, pour être converti en une pâte assez ferme ; mais, par suite de l'évaporation de l'eau, le charbon revient à son poids primitif; la pâte est alors très-dure et très-compacte. Le plâtre cru, conduit à la gare du chemin de fer de Paris à Orléans coûte 5 francs 50 centimes la tonne de 1,000 kilogrammes. Le prix du plâtre cuit pulvérisé est, à Paris, de 12 à 15 francs le mètre cube ou les 1,000 litres pesant 1,100 kilogrammes. Le prix des plâtres qui, étant desséchés, pourraient servir très-bien à la confection de l'engrais dont il s'agit, est, à Paris, de 5 francs le mètre cube. Le prix de l'hectolitre de poussier de charbon chez les marchands de bois, à Paris, est de 1 franc 25 centimes.

Ainsi, pour désinfecter et dessécher convenablement les 45 kilogrammes de matières dont il s'agit, il suffira d'y ajouter le

quart ou le tiers de leur poids de plâtre mélangé au charbon, ou, en d'autres termes, d'absorber un quart ou un tiers de l'eau surabondante qu'ils contiennent : par conséquent, il faudra employer environ 12 kilogrammes (11 à 12 litres) de plâtre, et 2 kilogrammes et demi, ou 5 litres de charbon pulvérisé.

La dépense pour chaque personne, pendant une année, serait de 24 centimes, comme il suit :

Plâtre, 12 kilogrammes (à 15 francs les 1,000 kilogrammes)	18 cent.
Charbon, 5 lit. (à 1 fr. 25 c. l'hect.	6 cent.
Total	24 centimes.

Le mètre cube ou la tonne de 1,000 kilogrammes de poudrette désinfectée, sèche, composée d'environ 600 à 700 kilogrammes de matière organique sèche, de 200 kilogrammes de plâtre et de 100 kilogrammes de poussier de charbon, coûterait donc au plus 7 francs, pour la valeur du plâtre et du charbon *seuls*, non compris les frais de fabrication. Mais il est possible de diminuer encore notablement cette dépense : 1° en affaiblissant plus ou moins les proportions du plâtre et du charbon, et en laissant plus longtemps les tourteaux exposés à l'action de l'air pour en opérer la dessiccation complète ; 2° les cendres et la suie des cheminées, qui sont ordinairement perdues à Paris, peuvent être ajoutées fort avantageusement à la poudre désinfectante, et diminuer d'autant la quantité qu'il en faut employer ; 3° il en est de même du charbon et de la braise que l'on jette avec les cendres qui ont servi pour les lessives ; 4° dans les forêts où l'on prépare le charbon pour le service des forges et des autres usines, on laisse perdre une grande quantité de poussier de charbon, parce qu'il n'a aucun emploi aujourd'hui, ni par conséquent de valeur ; 5° enfin il existe en France de nombreux dépôts naturels d'anthracite ou de charbon minéral qui peut remplacer parfaitement le charbon végétal pour l'usage dont il s'agit.

Frais de fabrication. — Dans la préparation de la brique destinée aux constructions, un mouleur fait, par jour, dix mille briques du poids de 1 à 2 kilogrammes chacune.

Deux batteurs corroyent et préparent la terre nécessaire.

Un brouetteur amène cette terre de 30 mètres de distance.

Un porteur range les briques moulées dans le séchoir.

Il est donc probable qu'un mouleur assisté de deux brouetteurs pourrait confectionner, chaque jour, 1,600 ou 1,800 tourteaux d'engrais, pesant environ 15 kilogrammes chacun, soit 25,000 kilogrammes ou 25 mètres cubes.

Il faudrait deux hommes, ou bien un homme et un cheval pour faire le mélange complet des matières avec le plâtre et le charbon. Ainsi :

Un mouleur à 3 francs, ci	3 francs
Deux brouetteurs à 2 fr. 50 cent., ci	5
Deux batteurs à 2 fr. 50 cent., ci	5
Total	13 francs.

coûtant ensemble la somme de 13 francs, pourraient confectionner 25,000 kilogrammes d'engrais ; ce qui porte à 52 centimes le prix de la fabrication du mètre cube (1,000 kilog.) composé de 66 à 70 tourteaux de 15 kilogrammes chacun.

En résumé, 1000 kilogrammes de poudrette désinfectée coûteraient :

Pour le plâtre et le charbon, comme il a été dit ci-dessus	7 fr.
Pour frais de fabrication	0 52
Pour faux frais et bénéfices (62 fr. par jour).	2 48
Total	10 francs.

coûteraient, disons-nous, la somme de dix francs.

Nous supposons que les matières sont amenées et déposées dans l'établissement aux frais des propriétaires de maisons, comme cela se pratique aujourd'hui à Montfaucon et à Bondy.

Des avantages de la poudrette désinfectée, et de son emploi pour l'agriculture. — Avant d'aller plus loin, nous pensons qu'il est utile de rapporter ici l'opinion de divers savants sur la valeur agricole des déjections humaines.

A. « Les déjections humaines sont considérées comme un des fumiers les plus actifs dont puisse disposer le cultivateur. » (M. Boussingault, *Economie rurale*, t. II.)

B. « Dans les excréments liquides et solides des hommes et des animaux nous retrouvons tout l'azote, tous les principes inorganiques solubles et insolubles que renfermaient les aliments introduits dans l'économie. Or, comme ces principes inorganiques proviennent du sol, il s'ensuit que les excréments restituent à ce dernier les éléments que nous lui avons enlevés sous forme d'herbes, de graines et de racines. » (J. Liebig, lettre 25 *sur la Chimie.*)

C. « En restituant au sol les excréments des animaux, nous lui rendons les principes que les récoltes précédentes lui ont enlevés, nous lui rendons ainsi la faculté de nourrir une nouvelle récolte. » (Liebig, *ibid.*)

D. « Il est évident que, à l'exception d'une certaine quantité de carbone et d'hydrogène qui a été éliminée par les voies cutanée et pulmonaire, nous devons retrouver dans les excréments solides et liquides de l'homme et des animaux tous les autres principes qui entrent dans la composition des substances alimentaires. » (Liebig, *ibid.*)

E. « Les excréments solides et liquides d'un animal qui s'est nourri de certaines plantes sont l'engrais qui convient le mieux à ces mêmes plantes ; c'est dans ceux de l'homme que l'on trouve ces principes minéraux de toutes les semences en plus fortes proportions. » (Liebig, *ibid.*)

F. « A peine applique-t-on à l'agriculture,

en France, l'engrais d'un cinquième de la population ; eh bien ! tout ce que l'on perd pourrait pourtant faire produire au sol le quart des grains et denrées nécessaires à la nourriture de la population entière.

« Si l'on admet, avec MM. Liebig et Boussingault, que les excréments liquides et solides de l'homme ne s'élèvent, par jour, qu'à 750 grammes ; savoir : 625 grammes d'urine et 125 grammes de matières fécales, et qu'ils renferment ensemble 3 pour 100 d'azote, cela donne pour un an, 275 kilog. 750 gram. d'excréments contenant 8 kilog. 250 gram. d'azote, quantité qui suffirait pour 400 kilog. de graine de froment, de seigle, d'avoine ou d'orge, et qui, ajoutée à l'azote puisé dans l'atmosphère, est plus que suffisante pour faire produire annuellement à 50 ares la récolte la plus riche. » (M. GIRARDIN).

G. « Si nous prenions la ville de Paris pour exemple, nous verrions que son million d'habitants produit chaque année :

En matières solides 275,000,000 kilog. En liquides 288,000,000 kilog.	563,000,000 kilog.

et que, si nous étendions ce calcul à toute la France, nous aurions, pour une population de 35,000,000 d'habitants, une masse,

En matières solides 9,625,000,000 kilog. En liquides 7,980,000,000 kilog.	17,605,000,000 kilog.

« Quantité suffisante pour fumer 17,850,000 hectares de terrains. » (M. A. CHEVALLIER (1).)

Nous avons dit plus haut que nos essais avaient eu pour but essentiel et principal de dessécher et de désinfecter les matières fécales au moyen d'agents *nécessaires* à la végétation, de manière à augmenter encore, s'il était possible, les propriétés fertilisantes de l'engrais.

Obtenir, sous le plus petit volume, et au plus bas prix possible, un engrais très-actif, d'un transport facile, et n'ayant rien de repoussant à la vue ni à l'odorat.

Tel est le problème que nous nous étions proposé.

Le charbon et le plâtre sont de toutes les substances que nous avons essayées celles qui satisfont le plus complétement à ces conditions. Les propriétés désinfectantes du charbon sont connues et utilisées depuis longtemps. Le carbone forme la charpente des végétaux ; il en constitue l'élément principal : il absorbe les gaz produits par la décomposition spontanée des substances organiques ; il modère et ralentit cette décomposition, en s'opposant à la déperdition trop rapide des éléments de l'engrais ; il en augmente l'effet utile et en prolonge la durée. Les propriétés végétatives éminemment fertilisantes du charbon sont mises à profit avec le plus grand succès par les agriculteurs de tous les pays. L'écoubage, le brûlis des chaumes sur pied, l'emploi des cendres lavées, du noir des raffineries, du terreau même, etc., sont autant de moyens d'ajouter ou de fournir le carbone nécessaire à la nutrition des plantes. Le plâtre (sulfate de chaux) est aussi l'un des excitants les plus énergiques de la végétation, surtout lorsqu'on l'applique aux plantes légumineuses qui forment les prairies artificielles. Mais, indépendamment de la propriété qu'il a d'absorber et de solidifier instantanément une quantité d'eau considérable, le plâtre est un antiseptique puissant ; il a surtout la propriété précieuse de fixer l'ammoniaque qui se volatilise et se dégage des matières animales en putréfaction, de la convertir en un sel fixe, stable (sulfate d'ammoniaque), qui fournit ultérieurement et petit à petit aux végétaux l'azote dont ils ont besoin.

Cette propriété si remarquable et si précieuse du plâtre semble avoir été méconnue, c'est-à-dire oubliée par le plus grand nombre des personnes qui se sont occupées de la conversion des matières fécales en engrais : c'est pour cette raison que nous insistons encore davantage sur ce point ; car nous considérons le plâtre comme étant à la fois l'un des agents chimiques les plus puissants pour opérer la désinfection et la dessiccation immédiate des matières fécales ; l'un des plus utiles et des plus précieux pour l'agriculture, parce qu'il retarde la putréfaction, qu'il retient et fixe les sels ammoniacaux volatils qui seraient perdus ou enlevés par l'air ; qu'il les restitue aux végétaux peu à peu et à mesure de leur croissance ; enfin le *plâtre* est l'un des amendements les plus utiles, les plus répandus et les plus économiques, car la France, et notamment le bassin de Paris, en contiennent des gisements inépuisables.

Pour apprécier la valeur de la poudrette désinfectée, il faut la comparer à celle du bon fumier de ferme, qui est la base ou le type de ces sortes d'évaluations. Il suffit pour cela de connaître les principes chimiques, c'est-à-dire les proportions de carbone et surtout d'azote qui entrent dans la composition des deux sortes d'engrais.

1,000 kilogrammes de fumier de ferme contiennent, d'après les analyses faites par MM. Payen et Boussingault (1) :

Eau normale	830 kilog.
Carbone	100
Azote	4

Pour une fumure convenable à la production du froment, il faut employer environ 30 mètres cubes ou 30,000 kilogrammes de ce fumier par chaque hectare de terre.

Ces 30,000 kilog. contiennent :

(1) La France contient 52,760,298 hectares, dont 5,586,788 sont annuellement cultivés en froment et autant en seigle, orge, méteil et avoine ; ce qui porte à environ à 12 millions d'hectares l'étendue totale des terres annuellement cultivées en céréales.

(1) *Économie rurale*, t. II, p. 146

Eau normale	24,000 kilog.
Carbone	3,000
Azote	123

Si nous comparons à ce même fumier de ferme d'autres engrais provenant des matières fécales, nous trouvons, d'après les mêmes auteurs, qu'ils contiennent les quantités suivantes d'azote pour 1,000, savoir :

La poudrette de Montfaucon, à l'état normal, contient	15 kilog. 6 d'azote.
La poudrette de Bellom, à l'état normal, contient	38 kilog, 5
La colombine de Belloni, à l'état normal, contient	83
Le guano, terme moyen, à l'état normal, contient	84 kilog.

Nous pensons que 1,000 kilogrammes de notre poudrette désinfectée, en tourteaux séchés à l'air, ne contiennent pas moins de 24 kilogrammes d'azote (2 à 2, 4 d'azote pour 100).

Ainsi, pour avoir une fumure égale à 30,000 kilog. de fumier de ferme, contenant, comme nous l'avons dit, 123 kilog. d'azote, il faudra, par hectare, 5 ou 6,000 kilog. (5 à 6 mètres cubes ou tonnes) de notre engrais désinfecté. Le prix du fumier de ferme, estimé dans les campagnes, est d'environ 4 francs le mètre cube, ou les 1,000 kilog.

30 mètres cubes à 4 francs. — 120 francs.

Le mètre cube de poudrette désinfectée coûte, comme nous l'avons dit plus haut,

Pour le plâtre, le charbon et la main d'œuvre	7 fr. 52 c.
Frais, bénéfices de l'exploitation	2 fr. 48 c.
Total	10 francs.

Le prix du mètre cube ou 1,000 kilog., pris à l'atelier de Paris, serait donc de 10 francs.

1° Pour 6 mètres cubes	60 fr.
2° Transport de la fabrique à la gare du chemin, à raison de 1 fr. le mètre cube, le 6 font	6 fr.
3° Transport à 200 kilom., distance moyenne de Paris, à raison de 1 fr. 60 les 1,000 kilog. pour 6 tonn.	9 fr. 60
4° Transport du débarcadère d'arrivée à la ferme, (2 myriamètres en moyenne), à raison de 5 fr. la tonne, les 6 tonnes.	30 fr. 60
Total	116 fr. 20

Différence en faveur de l'engrais désinfecté comparé au fumier de ferme, pour chaque hectare, 6 fr. 88 cent. Il faut y ajouter la valeur du plâtre, qui sera utilisé pour les prairies artificiellles et l'amélioration des fumiers de ferme, valeur qui n'est point comprise dans le compte précédent; soit 1,800 kilogrammes de plâtre dont on doit porter la valeur à 8 francs 12 centimes, ce qui, par conséquent, réduirait le prix de la fumure d'un hectare de terre avec la poudrette désinfectée à 105 francs, et donnerait en faveur de cet engrais, à la distance de 200 kilomètres de Paris, une différence ou bénéfice de 15 francs par hectare, ce qui équivaut à peu près à la moitié du prix de location de la terre. Pour les environs de Paris, cette différence serait double.

Si, en outre, l'on remarque que la poudrette désinfectée ne contient aucun germe de plantes parasites ou nuisibles qui se trouvent habituellement dans le fumier de ferme, et qui nécessitent de nombreux sarclages et diminuent notablement la quantité et la qualité des récoltes; que la conduite de l'engrais désinfecté de la ferme aux champs est réduite aux quatre cinquièmes du temps des hommes et des voitures qu'on y emploie, on trouvera encore une économie et un avantage considérables dans l'usage de cette sorte d'engrais

De l'emploi de la poudrette désinfectée. — Cet engrais, disposé sous la forme de gros moellons ou tourteaux, facilement transportables, peut être employé, soit à l'état de poudre grossière, soit délayé dans l'eau.

Le mode d'emploi sous la forme sèche et pulvérulente est le plus facile et le plus commode. On le répand sur la terre aux époques convenables ; on le mélange ou on le stratifie par couches minces avec du fumier de ferme. Pour les prairies artificielles, il faut répandre à la volée la poudrette, au printemps, lorsqu'elles commencent à pousser et à couvrir la terre, ou bien après l'enlèvement de la première coupe; c'est le moment où il faut l'employer pour les trèfles, qui doivent être retournés et remplacés par du blé d'hiver. On peut aussi répandre l'engrais avant le labour destiné à enterrer le blé que l'on veut semer, ou bien en même temps que ce blé, pour les enfouir ensemble. Il en sera de même pour l'orge, pour l'avoine, pour le lin, le chanvre, le colza, la navette, etc., qui seront semés à la volée. Quant aux cultures en ligne, telles que les betteraves, les choux, les haricots, les pommes de terre, le tabac, les plantes oléagineuses et les cultures industrielles, il faut déposer l'engrais dans les lignes et quelquefois dans les trous.

Enfin on peut délayer la poudrette dans l'eau et verser le liquide sur chaque plante, comme cela se pratique pour l'engrais flamand ; il serait mieux encore de mélanger la poudrette désinfectée avec l'engrais lui-même, dans les pays où l'on fait usage de ce dernier.

Nous avons déjà dit que la poudrette désinfectée, soit sèche, soit délayée avec de l'eau, n'a aucune odeur et ne présente à la vue, à l'odorat ni au toucher, absolument rien de ce qui rappelle son origine. Nous devons faire observer, toutefois, que la présence du *plâtre* et du *charbon*, qui ont l'un et l'autre la propriété de modérer la décomposition des substances animales et de ralentir la putréfaction, rendra l'action de la poudrette désinfectée moins vive et plus lente, mais aussi plus durable et plus persistante que celle de l'engrais flamand seul,

dont les effets se font apercevoir immédiatement après le dépôt de l'engrais, mais ne s'étendent pas à la récolte suivante. — (*Voy. Bulletins de la Société d'Encouragement*, juin 1849.)

POURPRE. — *Observations de M. Chazot.* — 1808. — La pourpre est une couleur qui fut l'objet de préférence de beaucoup de peuples de l'antiquité. Chez les Romains son emploi était la marque de la haute magistrature dans la république, et le signe de la puissance impériale. Cette teinture est de la plus haute antiquité : ***Tullus Hostilius***, ***Romulus***, ***Porsenna***, l'employaient dans leurs vêtements royaux. Plus tard les riches particuliers et les femmes employèrent les étoffes teintes de pourpre. Cette précieuse substance se trouvait sur les rivages de la mer de beaucoup de contrées. La pourpre de Tyr a constamment joui de la plus grande réputation. Suivant Plutarque, ***Alexandre***, après la prise de Suze, y trouva 5,000 quintaux de pourpre d'hermione, la plus précieuse, que l'on avait amassée depuis 190 ans, et qui conservait encore toute sa fleur et tout son lustre. « Les pourpres, suivant Pline, vivent le plus ordinairement sept ans; comme le murex, ils se cachent au lever de la canicule. Ils se rassemblent au printemps, et, dans un mouvement mutuel, ils rendent, par salivation, une espèce de cire gluante. Ils ont au milieu du cou cette couleur de pourpre si recherchée pour la teinture des étoffes. La très-petite quantité de liqueur qu'ils contiennent est dans une veine blanchâtre. C'est de ce réservoir que l'on extrait ce suc précieux, dont le léger éclat est de la couleur d'une rose qui s'obscurcit; le reste du corps en est privé. On met tous ses soins à les prendre vivants, parce qu'ils perdent ce suc avec la vie. Ce n'est qu'après les avoir détachés de la coquille qu'on dépouille les pourpres de cette liqueur. On écrase les petits encore vivants et avec leurs coquilles. » On peut, d'après ces données, se faire une idée de l'effrayante consommation que la mode devait faire chaque année de ce poisson maintenant oublié. On devrait croire qu'en raison du repos que nos teinturiers ont accordé au pourpre, il serait facile d'en trouver une grande quantité, et avec d'autant plus de raison, que nos naturalistes en ont trouvé sur les côtes du Poitou, sur celles d'Angleterre, ainsi qu'à Saint-Domingue. Mais avec les produits des Indes, l'industrie a pris une autre direction. (***Moniteur*** de 1808, page 1062 (1).)

POUZZOLANES. — Nous nous occuperons dans cet article, non-seulement de la pouzzolane proprement dite, mais encore des ***arènes***, des ***psammites*** et en général de toutes les substances dont la combinaison à froid avec la chaux grasse produit les mortiers hydrauliques (2). Le mode d'action de tous ces corps étant analogue, nous avons cru devoir les réunir.

Nous avons déjà dit que la calcination de la chaux grasse et de l'argile (*Voy.* Chaux) produit un composé susceptible de durcir sous l'eau; nous allons maintenant faire connaître les méthodes qui permettent de produire à froid, par la voie humide, le même composé, ou du moins un composé jouissant des mêmes propriétés. Le sujet que nous allons traiter présente une grande confusion, beaucoup de faits encore douteux. Nous nous efforcerons d'être clair sans oser l'espérer.

1° ***Pouzzolanes naturelles.*** — La pouzzolane proprement dite est une matière volcanique pulvérulente, d'un rouge violet, exploitée pour la première fois par les Romains, près de Pouzzoles, en Italie, où elle existe en quantité considérable. On a cru pendant longtemps que la pouzzolane n'existait que dans la localité que nous venons d'indiquer; aussi la faisait-on venir à grands frais toutes les fois que l'on avait besoin d'un mortier hydraulique. Les environs de Rome en fournissent également, et le naturaliste Faujas de Saint-Fond a démontré qu'il en existe en France, ce que beaucoup d'autres personnes ont, du reste, reconnu depuis. On rencontre ces composés dans les terrains volcaniques brûlants et les terrains volcaniques à cratères. Souvent il en existe des couches plus ou moins puissantes, soit au pied des coulées de lave, soit entre les couches de deux coulées successives. Certaines laves poreuses peuvent elles-mêmes servir comme pouzzolanes après avoir été réduites en poussière. Les pouzzolanes sont caverneuses, scoriacées, et portent l'empreinte d'un feu plus ou moins violent. Leur couleur varie du noir au brun; elles passent au jaune et même au rouge, suivant les quantités d'oxyde de fer qu'elles renferment. Toutes ces substances sont composées de silice et d'alumine combinées avec un peu de chaux, et quelquefois de potasse, de soude, de magnésie et de fer. Elles renferment en outre du peroxyde de fer simplement mélangé.

On doit toujours réduire les pouzzolanes en poudre avant de les employer. Leur action est d'autant plus énergique, toutes choses égales d'ailleurs, que leur pulvérisation est plus parfaite. Cette opération s'exécute assez facilement au moyen de meules verticales tournant dans une auge circulaire. On a proposé l'emploi de cylindres cannelés tournant les uns contre les autres, ou bien une espèce de grand moulin à café formé d'une noix conique en fonte tournant dans un vase du même métal. Ces appareils, assez satisfaisants en théorie, donnent de mauvais résultats pratiques, parce qu'il arrive toujours, malgré les soins apportés à écarter l'humidité et les autres accidents, que les

(1) Extrait du *Dictionnaires des Découvertes.*

(2) Nous empruntons cet article à un travail remarquable sur les chaux, ciments et mortiers que M. Hervé Mangon a inséré dans le *Diction. des Arts et Manufactures.* Il eût été difficile de choisir en pareille matière un meilleur guide que cet ingénieur distingué.

cannelures se remplissent de la matière, de sorte qu'après quelque temps on n'a plus qu'un laminoir qui ne moud plus du tout la pouzzolane. Autrefois, on expédiait d'Italie la pouzzolane en fragments ; on commence aujourd'hui à la pulvériser dans le pays, d'après les conseils de M. Poirel, ingénieur des travaux du port d'Alger, qui se trouva forcé d'en consommer une grande quantité au commencement de son service. La pulvérisation effectuée en Italie, dans des ateliers spéciaux, doit certainement coûter moins cher que partout ailleurs ; cependant, nous conseillerons toujours aux personnes qui auront à employer de la pouzzolane d'Italie de la demander en fragments. Car une fois réduite en poudre, il est facile de la falsifier, et la fraude serait alors assez difficile à reconnaître.

2° *Pouzzolanes artificielles.* — On donne ce nom, par analogie, à toutes les substances qui peuvent, par une préparation convenable, former avec de la chaux grasse un mortier susceptible de durcir sous l'eau. — Les composés rangés dans cette catégorie sont assez nombreux, nous les examinerons successivement.

Les argiles, composées, comme on sait, de silice et d'alumine et plus ou moins mélangées de carbonate de chaux et d'oxyde de fer, se transforment en excellentes pouzzolanes par l'action d'une calcination convenable. — La cuisson de l'argile peut s'exécuter de différentes manières. Le premier moyen qui se présente consiste à la réduire en poudre et à la faire rougir sur des plaques en fer exposées à l'action du feu. On remue sans cesse la matière pour que toutes les parties atteignent la même température. L'expérience indique bientôt le temps nécessaire et la température la plus convenable. Ce procédé n'a pas encore été employé dans les arts : ce serait le meilleur si on pouvait le rendre économique. On arriverait probablement à ce résultat par l'emploi d'un cylindre en fonte chauffé extérieurement et animé d'un mouvement de rotation sur son axe. L'argile introduite à l'une des extrémités du cylindre sortirait à l'autre extrémité calcinée aussi uniformément que possible. — Cette disposition a déjà été employée par un fabricant de Saône-et-Loire, mais il n'a pas donné suite à ses expériences à ce sujet. Il est bien constaté que le contact de l'air pendant la cuisson des matières pouzzolaniques développe singulièrement leurs propriétés. La nature de cette action n'est pas parfaitement expliquée ; mais il n'en est pas moins vrai que l'on doit tenir compte de ce fait. Il convient donc de rendre ces argiles, avant leur cuisson, le plus poreuses possible. On peut obtenir ce résultat en les mélangeant avec du sable quartzeux ; mais ce moyen présente l'inconvénient d'altérer la pureté des pouzzolanes obtenues. Il vaut mieux mêler l'argile avec des matières combustibles, de la sciure de bois, de la paille hachée ou de la balle de blé. Le plus souvent on ne prend aucune de ces précautions : on se contente de diviser l'argile en fragments gros comme des œufs et de la soumettre, dans cet état, à une température convenable. La méthode généralement employée pour la cuisson des argiles à pouzzolanes consiste à les placer à la partie supérieure des fours à chaux. La violence des courants d'air qui existent dans ces appareils favorise beaucoup la transformation de l'argile en pouzzolane. Dans une fabrication régulière de quelque importance, l'emploi de fours à réverbère produit d'excellents résultats. M. Petot a fait construire à Brest, pour la cuisson des pouzzolanes, un four à réverbère d'une forme particulière. La cheminée est partagée dans une partie de sa longueur en trois compartiments.

On introduit la matière à calciner par une ouverture dans le compartiment du milieu : elle s'échauffe en descendant et arrive bientôt sur la tôle, ou s'étend en couches minces au moyen de ringards. Quand la torréfaction est terminée, on amène la pouzzolane dans un puisard situé derrière l'autel et on la retire quand son refroidissement est complet. — Des ouvertures servent à agiter et à faire tomber les substances si elles venaient à s'agglutiner et à s'arrêter dans la cheminée. Une grille empêche qu'une trop grande masse de pouzzolane tombe à la fois sur la sole. Dans quelques fours plus perfectionnés il y a jusqu'à trois soles superposées que la pouzzolane parcourt successivement.

Ce que nous avons dit de la pulvérisation des pouzzolanes naturelles s'applique à celles qui nous occupent maintenant et à toutes les variétés que nous avons encore à décrire.

La durée et l'intensité de la torréfaction exerce sur ces produits une énorme influence. Il importe de l'étudier avec soin. Voici le résultat de quelques expériences exécutées sur une argile ocreuse :

Durée de la torréfaction. minutes.	Perte de poids. grammes.	Ordre dans lequel a eu lieu la vitesse de prise des mortiers.	Dureté après 2 mois
5	11 00	4	900
7	11 00	3	1,000
10	9 50	3	1 000
15	9 65	2	1.100
20	14 60	1	1,500
25	11 80	1	1,500
30	12 20	2	1,200
40	12 50	4	600
60	11 00	5	500
120	11 00	6	200

On voit par ce tableau que l'intensité de la pouzzolane augmente d'abord pour décroître ensuite. Le point le plus convenable répond à peu près à la température de cuisson de la chaux ou de la bonne brique.

Les *arènes* sont des sables formés sur place par la décomposition des roches anciennes, qui forment avec la chaux grasse des mortiers hydrauliques. La couleur de ces sables varie du rouge brun au jaunâtre. Ils sont très-abondants à la limite des terrains anciens et des terrains secondaires; ils occupent ordinairement le sommet des collines arrondies et peu élevées; on les rencontre fréquemment dans le Périgord et la Champagne. M. Girard de Candenberg, ingénieur qui s'est livré à une étude attentive des arènes, a reconnu qu'elles doivent leurs propriétés à l'argile qu'elles contiennent en plus ou moins grande quantité. Une légère calcination augmente l'énergie de leurs propriétés.

On confond sous le nom de *psammites* des espèces très-nombreuses d'assemblages des grains de quartz, de mica, de feldspath et de schiste agglutinés par des ciments variables. Nous n'avons à considérer, au point de vue qui nous occupe, que les psammites schistoïdes, jaunes, rouges, ou bruns, à grains fins, onctueux au toucher et faisant pâte argileuse avec l'eau. Ils proviennent de la décomposition des roches schisteuses primitives. On les trouve en veines dans les schistes du département du Finistère. M. l'ingénieur Avril, qui les a employées pour le canal de Nantes à Brest, mêlait une partie de chaux grasse en pâte et trois parties de psammite calciné et pulvérisé. Le mortier faisait prise après 17 jours d'immersion.

Certains grès friables renferment une gangue argileuse qui leur donne la propriété de rendre hydraulique le mortier de chaux grasse. M. Minard les a observés pour la première fois auprès de La Fère, à l'époque de la construction du canal de Saint-Quentin. Ces grès existent en bancs plus ou moins épais reposant sur la craie. Leur dureté est variable, ils jouissent de propriétés pouzzolaniques d'autant plus énergiques qu'ils sont plus compactes. Mais les frais de pulvérisation seraient considérables avec des roches dures; on se borne donc à l'emploi, encore suffisant, des parties assez friables pour être désagrégées pour un seul passage à la claie. Les grès pouzzolaniques torréfiés en plein air sur une plaque de tôle deviennent plus énergiques. Calcinés au contraire en vases clos, ou même dans un four à chaux ordinaire, ils perdent en partie leurs propriétés. La meilleure proportion du mélange paraît être de trois parties de grès et d'une de chaux grasse en poudre. Les mortiers sont assez gras, vu la ténuité du grès; on doit les brasser avec soin et à deux reprises différentes à quelques heures d'intervalle.

On désigne improprement, dans les constructions, sous le nom de ciment, de la brique ou du tuileau pulvérisé que l'on mêle à la chaux. L'emploi de ces corps ne peut présenter aucune sécurité : on conçoit en effet que l'on met au rebut des pièces trop ou trop peu cuites, que d'ailleurs les briques sont mélangées de sable, et même souvent fabriquées avec des terres grasses, et non avec des argiles, de sorte qu'il est impossible de compter sur la régularité des effets obtenus.

Les cendres de houille ou de tourbe présentent quelquefois des propriétés pouzzolaniques assez développées; mais elles sont souvent tout à fait inertes. L'emploi de ces substances ne sera jamais d'une grande importance.

Les *laitiers* de haut-fourneau, les crasses de forges, connues sous le nom de *mâchefer*, ne sont que des pouzzolanes peu énergiques. On ne doit les mêler qu'à des chaux déjà un peu hydrauliques par elles-mêmes.

On a quelquefois employé avec succès une combinaison particulière d'argile et de potasse, connue sous le nom de *ciment d'eau-forte*; mais ce produit ne se rencontre plus dans le commerce, depuis que l'on fabrique l'acide nitrique en décomposant par l'acide sulfurique le nitrate de potasse.

Nous venons de passer en revue les différentes substances que l'on mélange ordinairement à la chaux pour former les mortiers hydrauliques; nous allons examiner en peu de mots les propriétés chimiques de ces différents corps. Les pouzzolanes naturelles ou artificielles, et les substances que nous avons rangées par analogie dans la même division, peuvent être partagées, comme l'a fait M. Vicat, en trois classes principales. Les matières très-énergiques mêlées avec la chaux grasse produisent un mortier qui fait prise du premier au troisième jour après l'immersion, et qui, après un an, est aussi dur que la bonne brique et donne avec la scie à ressort une poussière sèche. Les matières énergiques, dans les mêmes circonstances, donnent un mortier qui ne fait prise que du quatrième au huitième jour, qui ne présente après un an que la dureté de la pierre tendre et qui donne avec la scie à ressort une poussière humide. Enfin, les matières peu énergiques produisent des mortiers qui ne font prise que du dixième au vingtième jour, qui n'atteignent jamais que la consistance du savon et qui empâtent la scie à ressort. Nous avons déjà vu d'ailleurs que les sables sont des matières inertes.

Cela posé, nous dirons d'abord que rien dans les caractères physiques ne peut juger, d'une manière même approximative, du degré d'énergie de ces différents corps. On doit seulement remarquer que les matières vitrifiées et très-denses sont toujours médiocres. L'expérience directe peut seule donner des renseignements positifs; les caractères chimiques sont eux-mêmes assez incertains; cependant ils peuvent fournir des indications importantes.

L'argile des arènes séparée de son sable,

et les psammites mis en contact pendant quelques jours avec l'acide hydrochlorique, abandonnent une partie de leur fer et de leur alumine. L'acide hydrochlorique dissout la chaux et l'oxyde de fer qui se trouvent dans les argiles ordinaires, mais il n'attaque presque pas l'alumine qu'elles renferment. L'action des acides sur les pouzzolanes naturelles et artificielles est très-variée. Quelquefois il se dissout une grande quantité de fer et d'alumine; dans d'autres circonstances, la matière n'est nullement attaquée. Les éléments de ces divers composés se trouvent donc engagés dans des états de combinaison très-différents : les uns sont simplement mélangés, les autres sont retenus par une affinité ou une cohésion énergique.

Les essais par les acides ne donnent donc que des indications assez vagues. Il n'en est pas de même de l'action de l'eau de chaux qui mérite un examen très-attentif, et qui pourra peut-être donner plus tard un moyen de mesurer exactement et en peu de temps la puissance pouzzolanique d'une substance donnée.

L'eau de chaux mise en contact avec une quantité suffisante d'arènes, de pouzzolanes, etc., réduites en poudre, est rapidement décomposée; la chaux se combine à la substance employée et se précipite avec elle. Cette action est d'autant plus énergique que la propriété pouzzolanique de la matière est plus développée. L'essai se réduit donc à projeter de petites quantités de pouzzolane dans un volume déterminé d'eau de chaux, jusqu'à ce que toute la chaux soit précipitée, ce que l'on reconnaît lorsque le liquide n'est plus troublé par l'addition d'une goutte de carbonate de soude. La puissance pouzzolanique est proportionnelle au volume d'eau de chaux décomposée et la dureté du mortier fabriqué avec la substance soumise à l'essai paraît suivre la même loi. Voici une expérience de M. Vicat qui le démontre d'une manière assez exacte :

Pouzzolane employée.	Eau de chaux dépouillée.	Résistance du mortier.
110 parties	700	640
100 parties d'un autre échantillon.	66	97

Voici, du reste, d'après le même ingénieur, les quantités d'eau de chaux qui peuvent être décomposées par différente matières pouzzolaniques :

Eau de chaux dépouillée.

Argiles crues.	100 parties d'argile des arènes.	1,100
	100 p. de bonnes argiles à pouzzolane à l'état naturel.	400 à 500

Eau de chaux dépouillée.

Argiles cuites.	100 p. de bonne argile à pouzzolane calcinée au rouge à l'air.	260
	100 p. de bonne argile à pouzzolane calcinée en vases clos.	100
	100 p. d'argile donnant une pouzzolane médiocre.	60 à 80
	100 p. d'argile donnant une mauvaise pouzzolane	25 à 38
	100 p. de pouzzolane d'Italie.	147

On peut évaluer, en général, de la manière suivante le prix de revient du mètre cube de pouzzolane artificielle fabriquée par la cuisson d'une argile convenable :

Extraction, indemnité de terrain, transport aux fours (suivant les localités).	*mémoire*
Arrosage, filtration, façon de briquettes, une journée de manœuvre.	1 f. 50
Charge, soin du four, décharge.	1 f. 50
1 hectolitre de charbon de terre (suivant les pays).	*mémoire*
Pulvérisation, tamisage et emmagasinement.	1 f. 00
Frais d'établissement pour manége, fours, machine à pulvériser, estimés par mètre cube..	2 f. 00
Prix du mètre cube.	

Le bénéfice d'environ 10 p. 100 est compris dans les prix ci-dessus.

PRESSES D'IMPRIMERIE.—L'imprimerie se compose de deux opérations distinctes, la composition et l'impression. De ces deux opérations la seconde seule paraît pouvoir être du domaine de la mécanique; aussi allons-nous voir qu'on est arrivé à l'exécuter par procédés presque entièrement automatiques. Nous avons parlé longuement des essais tentés il y a quelques années pour faire rentrer la première, autant que faire se pouvait d'une opération exigeant nécessairement l'intervention intelligente du compositeur, dans le domaine mécanique, recherches qui n'ont mené jusqu'ici, et ne paraissent pouvoir conduire qu'à des résultats de médiocre importance. — *Voy.* IMPRIMERIE, *(Composition mécanique)*.

Impression mécanique. — La première personne qui ait rendu public le projet d'une presse mécanique fut William Nicholson, l'éditeur du *Journal philosophique*, qui prit un brevet d'invention en 1790 : 1° pour placer les types sur une surface cylindrique; cette disposition des caractères, des filets, des garnitures, etc., était tout à fait nouvelle; 2° pour étaler l'encre à la surface des types, en faisant rouler sur eux la surface d'un cylindre enduit d'encre, ou bien en faisant que les types s'appliquassent eux-mêmes sur celui-ci. Quant au moyen de répandre l'encre également sur ce cylindre, il proposait pour cela d'appliquer trois rouleaux distributeurs, ou davantage, longitudinalement

au cylindre à encre, de manière qu'ils pussent rouler sur eux-mêmes par le mouvement de ce dernier. « J'opère, dit-il, toutes mes impressions par l'action du cylindre, ou d'une surface cylindrique; c'est-à-dire que je fais passer le papier entre deux cylindres, sur l'un desquels est fixée la forme des types qui constitue ainsi une partie de sa surface; l'autre cylindre est garni de drap; il sert à presser le papier de manière à lui faire recevoir l'impression; ou bien encore je fais passer la forme des types, préalablement encrée, successivement en contact avec le papier enveloppant le cylindre garni de drap. »

Dans cette description, M. Nicholson indique assez clairement les principales parties qui entrent dans les machines à imprimer d'aujourd'hui; et s'il avait donné à chaque partie de son invention autant d'attention qu'il en a apporté dans ses inutiles efforts pour attacher les types à un cylindre, ou bien s'il avait songé à courber les formes stéréotypées dont on commençait à parler alors, il aurait, selon toute probabilité, réalisé un appareil pratique.

La première machine à imprimer qui ait été employée a été, sans contredit, inventée par Kœnig, horloger de Saxe, et construite sous sa direction; dès l'année 1804, M. Kœnig s'occupait de perfectionner les presses d'imprimerie. N'ayant pu réussir à intéresser à ses vues les imprimeurs du continent, il vint à Londres bientôt après cette époque; il soumit ses plans à M. T. Bensley, célèbre imprimeur, et à M. Taylor. Ces messieurs fournirent libéralement des fonds à M. Kœnig et à son aide Bauer, mécanicien allemand. En 1811, M. Kœnig obtint une patente pour une méthode par laquelle il faisait marcher par un moteur une presse ordinaire à la main; mais après beaucoup de dépenses et de travail, il fallut renoncer à ce projet. Il dirigea alors son attention vers l'emploi d'un cylindre au lieu d'une surface plane, pour communiquer la pression; il réussit enfin, quelque temps avant le 28 novembre 1814, à compléter son automate à impression, car ce jour-là les éditeurs du *Times* annoncèrent à leurs lecteurs qu'ils lisaient pour la première fois un journal imprimé par une machine à vapeur; c'est donc là un jour à jamais mémorable dans les annales de la typographie.

Dans cette machine, la forme à types était disposée de manière à se mouvoir horizontalement au-dessous du cylindre à impression sur lequel la feuille de papier était tenue très-serrée au moyen d'une série de cordons de fil sans fin. L'encre était placée dans une boîte cylindrique, d'où elle était chassée au moyen d'une vis qui pressait sur un piston parfaitement ajusté; l'encre tombait ensuite entre deux rouleaux de fer, qui, par leur mouvement de rotation, la transmettaient à plusieurs autres rouleaux subjacents, lesquels avaient non-seulement un mouvement autour de leurs axes, mais encore un mouvement alternatif en travers. Ce système de rouleaux égalisateurs se terminait par deux autres rouleaux garnis de cuir qui appliquaient l'encre sur les types. Cette manière d'égaliser et d'appliquer l'encre offrait évidemment un mécanisme un peu trop compliqué, et par conséquent trop difficile à conduire; il exigeait quelquefois deux heures avant qu'il pût être mis convenablement en train. Afin d'obtenir rapidement un grand nombre d'impressions avec la même forme, un cylindre fut établi de chaque côté de l'appareil à encre, la forme devant passer au-dessous de chacun d'eux; avec cette disposition à double effet, on obtint 1,100 impressions par heure lorsque la machine fut mise en œuvre pour la première fois; mais un perfectionnement subséquent la mit à même d'en donner jusqu'à 1,800.

La seconde découverte de Kœnig fut de construire une machine capable d'imprimer les deux côtés d'un journal chaque fois que les formes complétaient leur passage au-dessous des cylindres. L'appareil se composait de deux machines simples, complètes, placées l'une vis-à-vis de l'autre, les deux marbres étant réunis en un seul, vers les extrémités duquel se trouvaient les encriers. La feuille était portée d'un cylindre à l'autre, comme auparavant, par le moyen de rubans, et le chemin qu'elle parcourait ressemblait à la lettre S, couchée horizontalement ∞. Par là, la feuille était tournée sens dessus dessous, pendant la course même d'un cylindre à l'autre. Sous le premier cylindre elle recevait l'impression de la première forme, et sous le second celle de la deuxième. Ainsi disposée, la machine put imprimer 750 feuilles d'impression des deux côtés en une heure. Ce nouvel appareil à registre fut construit en 1815, par M. T. Bensley. Ce fut la seule machine construite par Kœnig, pour imprimer des deux côtés.

MM. Donkin et Bacon, quelques années avant cette époque, s'étaient occupés très-sérieusement de machines à imprimer. Il est certain que, dès 1813, ils avaient pris une patente pour un appareil dans lequel les types étaient placés sur les côtés d'un prisme tournant sur lui-même. L'encre y était appliquée par un rouleau, qui s'élevait et s'abaissait par l'effet de l'excentricité de la surface prismatique, et la feuille était placée sur un autre prisme disposé à coïncider à son tour avec les excentricités du prisme à types. Une pareille machine fut construite pour l'université de Cambridge. Ce fut un beau modèle, d'une invention ingénieuse et d'une parfaite exécution; mais elle fut trouvée trop compliquée, et insuffisante dans la partie du mécanisme qui fournissait l'encre. Cependant cette invention montra pour la première fois des rouleaux élastiques, inventés en France, composés d'une combinaison de colle-forte et de mélasse, qui constituent à eux seuls une des plus belles inventions de la typographie moderne. Dans la machine de Kœnig, les rouleaux étaient de métal, recouverts de cuir, et ne répondaient jamais bien à leur but.

Des l'année 1815, M. Cowper dirigea son esprit inventif vers les machines à imprimer, qu'il a depuis portées, avec son associé M. Applegath, à un dégré de perfection inespéré. M. Cowper obtint, cette même année, une patente pour avoir rendu courbes les formes stéréotypées dans le but de les fixer à un cylindre. Plusieurs machines ainsi disposées, capables d'imprimer des deux côtés 1,000 feuilles par heure, fonctionnent aujourd'hui. Douze d'entre elles furent construites pour les directeurs de la banque d'Angleterre, quelque temps avant la reprise des payements en or.

On doit remarquer ici que le même objet semble avoir occupé l'attention de Nicholson, Donkin, Bacon et Cowper ; savoir : le mouvement de révolution de la forme des types. Nicholson pensait obtenir cet effet en donnant au corps de chaque type la forme d'un voussoir. Donkin et Bacon, en attachant les types sur les côtés d'un prisme tournant ; et Cowper, avec plus de succès, en courbant toute une forme stéréotypée. Dans ces machines, M. Cowper place deux cylindres côte à côte et contre chacun d'eux un cylindre sur lequel sont ajustées les formes. Chacun de ces quatre cylindres a à peu près 0m 60 de diamètre. A la surface du cylindre tenant la forme stéréotypée, sont appliqués quatre ou cinq rouleaux à encre, d'environ 0m08 de diamètre ; ils sont maintenus dans leur position par un châssis placé à chaque extrémité dudit cylindre, leurs axes se trouvant dans des ouvertures verticales pratiquées dans le châssis ; par ce moyen les rouleaux ont des mouvements libres, ils agissent par leur propre poids, et n'exigent aucun ajustement.

Le châssis qui supporte les rouleaux à encre, s'appelle le châssis ondulant ; il est fixé par des gonds à la charpente générale de la machine. Le bord du cylindre à forme stéréotypée frotte contre le châssis ondulant en l'écartant successivement, et par suite en imprimant aux rouleaux un mouvement transversal. Ces rouleaux distribuent l'encre sur les trois quarts de la surface du cylindre, l'autre quart étant occupé par les formes courbes stéréotypées. L'encre est contenue dans un récipient parallèle au cylindre, et formé d'un rouleau en métal qui tourne contre le bord d'une plaque de fer ; dans sa révolution, il se couvre d'une couche mince d'encre qui est transmise au cylindre à forme, par un rouleau distributeur qui tourne entre les deux. L'encre est ensuite répandue sur le cylindre à forme, ainsi que nous l'avons déjà décrit. Les formes, en passant sous les rouleaux, se chargent d'encre ; et comme le cylindre continue à tourner, elles arrivent au contact de la feuille de papier, qui est placée sur le premier cylindre, et qui de là, est portée, par le moyen des rubans, sur le deuxième cylindre à papier, où elle reçoit l'impression sur le côté opposé de la forme placée sur le deuxième cylindre. De cette manière, l'impression de la feuille est complète. Quoique cette machine ne soit applicable qu'aux formes stéréotypées, elle a été d'une grande importance, en ce qu'elle a servi à fonder le succès futur de la machine à impression de MM. Cowper et Applegath, en leur montrant la meilleure manière de fournir, de distribuer et d'appliquer l'encre aux types. Afin d'adapter cette méthode de distribution de l'encre à une machine à formes plates, il n'y eut plus qu'à appliquer sur un plan ou sur une table, ce qu'on avait fait pour une surface cylindrique d'une certaine étendue. En conséquence MM. Cowper et Applegath construisirent une machine à imprimer les deux côtés d'une feuille, ayant à la fois l'appareil à l'encre, et le mode de transport de la feuille d'un cylindre à l'autre, par le moyen de tambours et de rubans.

Les avantages de ces machines, qui n'ont pas encore été surpassées jusqu'ici, sont : la distribution uniforme de l'encre, l'égalité aussi bien que la légèreté avec lesquelles elle est répandue sur les types, et la facilité avec laquelle tout le mécanisme est conduit.

Construire une machine qui imprime des deux côtés à la fois, avec un registre exact, c'est-à-dire avec le second côté placé précisément au dos du premier, est un problème fort difficile, qui a été pour la première fois pratiquement résolu par MM. Applegath et Cowper.

Il est comparativement facile de construire une machine qui imprime d'abord un côté de la feuille et ensuite l'autre, en remplaçant une forme par une autre, et c'est à ce point que M. Kœnig était parvenu. Un registre correct exige que la feuille, après avoir reçu la première impression du cylindre, passe par la périphérie des cylindres et des tambours, de manière à pouvoir rencontrer les types du deuxième côté, au point précis qui forcera ce côté à tomber avec une exactitude géométrique sur le dos du premier. Dans ce but, les cylindres et les tambours doivent faire leur révolution exactement dans le même temps que le marbre ; il résulte de là que la moindre inexactitude dans l'exécution doit produire une typographie si défectueuse qu'elle ne serait pas admissible pour l'impression des livres d'aujourdhui, quoiqu'elle pût être tolérée pour celle des journaux. Une distribution égale de l'encre n'est pas moins importante que la beauté des caractères. La vitesse de la machine de Kœnig, avec laquelle le *Times* fut d'abord imprimé, pouvait donner 1,800 feuilles par heure ; celle d'Applegath et Cowper en donne 4,200 dans le même temps, et elle n'a cessé de fonctionner journellement depuis huit ans.

Un même genre de machines à grande vitesse a été fabriqué avec succès, pour plusieurs journaux par M. Gaveaux fils et M. Normand, mécaniciens bien connus par les nombreuses presses mécaniques qu'ils ont établies à Paris. C'est sur des presses semblables que se tirent aujourd'hui tous

les journaux qui comptent grand nombre d'abonnés (1).

PRESSES HYDRAULIQUES (2). — Les principes de la presse hydraulique sont fondés sur les lois de l'hydrostatique et sur l'incompressibilité de l'eau. Que l'on suppose deux corps de pompe de diamètre différent communiquant ensemble d'une manière quelconque. Qu'on les suppose remplis d'eau et garnis de pistons ; ceux-ci, pour rester en équilibre, devront être chargés par des poids qui soient entre eux comme le carré des surfaces de ces mêmes pistons. Ainsi le diamètre de l'un étant, par exemple, d'un pouce, et celui de l'autre de dix pouces, les poids qui les tiendront en équilibre seront dans le rapport de un à cent. D'après ce calcul, on voit que, pouvant donner aux diamètres des corps de pompe telle différence qu'on voudra, on sera toujours maître d'exercer avec une force donnée une pression quelconque, et suffisante pour l'objet qu'on se propose, sans avoir à craindre les pertes de force occasionnée par les frottements dans les presses ordinaires à vis. D'après ces principes, les auteurs ont établi une presse composée d'un châssis en fer ou en bois ; d'un corps de pompe en fonte de fer, dont l'intérieur parfaitement alésé porte huit pouces de diamètre ; d'un piston fixé à une forte tige en fer qui passe à frottement dans le centre du couvercle, et qui a, à sa partie supérieure, un plateau ; d'un autre corps de pompe également en fer fondu, ayant un pouce de diamètre, garni d'un piston, dont la tige prolongée est maintenue dans la verticale par un guide ; d'un levier, au moyen duquel on manœuvre cette petite pompe : on voit qu'en agissant sur la tige du piston à l'aide de deux petites bielles, il ne tend nullement à en changer la direction ; d'une soupape qui ferme le tuyau de communication d'une pompe à l'autre ; d'une autre soupape placée au bas de la petite pompe plongée dans une bâche pleine d'eau qui se trouve placée sous la presse ; enfin d'un robinet, avec lequel on retire l'eau de l'intérieur du corps de la grande pompe, et qui retombe dans la bâche. Si l'on imprime, dans le sens vertical, au levier un mouvement d'oscillation, la petite pompe élèvera l'eau de la bâche et la forcera d'entrer dans le corps de la grande pompe dont elle soulèvera le piston, et par conséquent le plateau placé sur le haut de sa tige. Si donc une matière quelconque à presser est mise entre ce plateau et la traverse supérieure du châssis, elle sera comprimée par une force qu'il est facile de calculer puisque l'on connaît les dimensions des deux corps de pompe. Dans le cas où le diamètre du petit piston est d'un pouce et celui du grand de huit pouces, le rapport de leur carré sera de un à soixante-quatre. Ainsi le poids d'une livre appliqué sur le petit piston fait équilibre à un poids de soixante-quatre livres placé sur le plateau du grand piston : les bras du levier étant dans le rapport de un à dix, il est clair que la puissance employée à son extrémité se multipliera dix fois et que le grand piston sera soulevé avec un effort égal à six cent quarante livres. Un homme pouvant facilement faire un effort de vingt-cinq livres, produira sur la matière placée entre le plateau et la traverse supérieure du châssis une pression équivalente à seize mille livres. La pression étant terminée, on fait redescendre le grand piston, en ouvrant le robinet placé au bas du corps de la grande pompe dont l'eau retombe dans la bâche pour servir encore, et toujours de la même manière. Cette presse est supérieure à tout autre moyen pour la pression des draps. Appliquée à la fabrication des tuiles et briques, cette machine presse à sec avec une telle force, que presque au moment on peut mettre au four les briques ou tuiles qui en sortent plus compactes et mieux faites que par les procédés ordinaires.

PRESSOIRS. — Machines employées pour exprimer les parties liquides ou fluides et les séparer ainsi des substances solides avec lesquelles elles se trouvent combinées. C'est ainsi qu'on obtient le jus du raisin et d'autres fruits, les huiles végétales et même animales, le suc de la canne à sucre, de la betterave, etc. Cette machine, si universellement répandue, a fourni aux inventeurs d'innombrables modifications ; nous avons le pressoir à coins, celui à poids, la presse à vis, à excentriques, à levier, enfin la presse hydraulique, la plus puissante et peut-être la plus simple de toutes. — *Voy.* PRESSE HYDRAULIQUE.

Ces machines sont d'un usage trop vulgaire pour qu'il soit besoin d'en rapporter ici les nombreuses et diverses descriptions. Nous nous bornerons à la suivante, qui pourra donner une idée générale des dispositions et du jeu des pièces d'un pressoir ordinaire, ainsi que des moyens de perfectionnement qu'il est possible d'y apporter.

Pressoirs à vin. — Le mécanisme dont il va être question a déjà été employé dans les LAMINOIRS (*Voyez ce mot*) mais n'avait point encore été utilisé pour les pressoirs dont les vices de construction réclamaient depuis longtemps une réforme, et qui était vivement sollicitée par tous les propriétaires de vignobles. Le nouveau pressoir est composé : 1° du patin des vis en fer, ou chantier de la maie; il est formé de deux pièces de bois de dix-huit à vingt pouces d'équarrissage, placées l'une à côté de l'autre, et fortement assemblées par des boulons de quinze lignes de grosseur, placés de distance en distance ; 2° du chapeau ou mouton composé aussi de deux pièces de mêmes forme et dimensions, et liées également l'une à l'autre par des boulons qui les traversent dans la largeur ; 3° d'une maie dans la forme et les dimensions ordinaires des pressoirs. Son épaisseur sur les bords et

(1) Cet article est emprunté au *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

(2) La presse hydraulique fut inventée en France par le célèbre Pascal.

autour du bassin est de sept pouces environ; dans le bassin, elle n'en a que cinq; 4° de vis ouvrières en fer; leur diamètre est de quatre pouces et leur longueur de six pieds huit pouces, leur talon compris, ainsi que toutes les épaisseurs qu'elles ont à traverser; 5° d'écrous de fer ou de cuivre sur lesquels sont établies des roues d'engrenage. Ces écrous sont fixés sur le mouton de manière à ce qu'ils puissent tourner facilement sans jamais l'abandonner : à cet effet, deux plaques ou colliers de fer d'un pouce d'épaisseur entrent dans une gorge ou rainure circulaire, ménagée autour de chacun des écrous qu'elles embrassent; soutenues alors par un renflement ou bourrelet qui ne permet pas aux écrous de les traverser, elles forcent le mouton, auquel elles sont liées par des boulons, à monter et descendre; 6° chacune de ces plaques porte un trou circulaire afin de pouvoir embrasser la circonférence de la gorge de l'écrou qui doit la recevoir. Elles sont de deux pièces, pour qu'elles puissent, en se divisant, pénétrer dans la gorge; 7° de roues fixées sur les écrous, qui engrènent dans une vis sans fin qui les fait mouvoir, et avec elle les écrous; 8° de vis sans fin à l'aide desquelles on met à la fois deux écrous en mouvement; elles sont à cet effet pratiquées toutes les deux sur le même arbre; 9° enfin des manivelles, des vis sans fin. La puissance de ce pressoir se compose : 1° de l'effet de la force motrice appliquée sur la manivelle; 2° de l'effet produit par la vis sans fin, et qui est proportionné à la hauteur du pas; 3° de celui de la roue d'engrenage; 4° enfin de celui des vis ouvrières. Comme l'on sait que dans une vis, la force motrice ou la puissance étant à l'effet produit ou à la résistance comme la hauteur du pas de la vis est à la circonférence décrite par la force qui imprime le mouvement, il est évident que cinquante livres de force appliquées sur une manivelle de quinze pouces de rayon et qui décrivent avec elle une circonférence de 94,23 pouces, produiront avec une vis sans fin d'un pouce de pas un effort de 4711,5 livres; l'action calculée de chaque écrou sur le mouton sera de 221.982 livres; et, conséquemment abstraction faite des frottements, pour les deux écrous, on aura un effort de 443,964 livres, puissance énorme, mais établie sur des calculs irrévocables. Comme il ne faut que cinquante livres de force motrice pour obtenir ce résultat, un seul homme suffira pour manœuvrer le pressoir, et, en conservant les dimensions de quinze pouces de diamètre aux roues des écrous, et un pouce de pas à la vis sans fin, un homme pourra faire faire à la manivelle 47 révolutions par minute, et en dix-huit minutes le mouton aura parcouru sa course et l'opération sera consommée. Sous le rapport de la solidité, le mécanisme présente toute sécurité, puisqu'il faudrait un effort de 5,474,700 kil. pour rompre le mouton, et que, dans toutes les hypothèses, ce serait plutôt la substance pressée qui céderait. Les proportions indiquées pour ce nouveau pressoir sont telles, qu'il est même impossible d'assigner un terme à sa durée. Les frais que peut occasionner sa construction, d'après un devis calculé sur des prix très-hauts, ne s'élèvent qu'à 2,542 fr. 50 c., et son entretien n'exige au plus que deux hommes pour sa manœuvre, et quelques gouttes d'huile pour les vis. (*Annales des Arts et Manufactures*, t. XXVIII, page 45.)

M. Huguet, de Mâcon. — 1812. — Le pressoir de l'auteur est composé d'une cage formée par six colonnes de vingt-cinq à trente centimètres d'équarrissage et de quatre mètres de long. Ces six colonnes sont assemblées deux à deux, dans trois semelles de trente à trente-trois centimètres de large, quinze de hauteur, et un mètre cinquante centimètres de longueur. L'intervalle entre chaque pair de colonnes est d'un mètre cinquante centimètres et de seize à dix-sept centimètres entre les colonnes assemblées sur la même semelle. Elles sont maintenues à cette distance par trois traverses : la traverse supérieure est assemblée par entailles entre les colonnes; elle a vingt-sept centimètres de large et trente-huit de hauteur; elle est percée d'un trou vertical d'environ quatre centimètres de diamètre pour donner passage à un petit cylindre de fer que l'auteur nomme la soie de la vis. Cette vis en fer tourné et dont le pas est triangulaire, doit être de la grosseur de celle d'un fort étau. La partie vissée à soixante-six centimètres de long. Entre cette partie vissée et la soie, est un carré avec épaulement pour recevoir une roue en fer à dents obliques qui recevra son mouvement d'une vis sans fin, dont l'axe sera terminé par une manivelle. Les calculs ont démontré que la force d'un seul homme appliquée à cette manivelle de trente-trois centimètres de rayon sur une surface circulaire d'un mètre de diamètre, égalerait celle de quarante hommes appliquée à un pressoir ordinaire, sur un marc de sept pieds de couche, ou de quarante-neuf pieds de surface avec une vis en bois, dont le pas aurait sept centimètres de hauteur. Le mouvement de cette manivelle faisant tourner la roue, la vis qui lui sert d'axe tourne avec elle et fait descendre l'écrou. Cet écrou doit être en cuivre, et avoir à peu près vingt-cinq centimètres de hauteur; il porte un rebord qui est renforcé par quatre arêtes saillantes qui descendent de haut en bas; ce bord est percé de deux trous qui servent à l'assujettir au moyen de deux boulons en fer au sommier et à la dame. Le sommier glisse entre les colonnes et la dame presse le marc en entrant, ellemême dans la *danaïde* ou cuve sans fond, et le diamètre de la dame doit être un peu moindre que celui de l'intérieur de la danaïde : elle est composée de deux tronçons de cylindre creux ou tonneaux sans fond et percés latéralement, posés l'un au-dessus de l'autre. Chaque tronçon est garni de deux forts cerceaux en fer et de deux mains qui

s'élèvent un peu au-dessus de leur hauteur. Ces tronçons, réduits à cinquante ou soixante centimètres de hauteur, pourront être maniés avec la plus grande facilité, et les mains de fer s'évasant, aideront sans tâtonnement à leur juste position. La danaïde repose sur une couche en pierre d'environ vingt centimètres d'épaisseur. Dans cette couche est creusée une rigole tout autour de la danaïde pour recevoir le vin qui en découle et le conduire par une grille mastiquée dans les vases ordinaires. La couche est portée par deux traverses qui ont, ainsi qu'une troisième, trente-huit centimètres de hauteur. Si le marc est peu considérable, et que la dame. après être descendue, laisse encore du vin, alors, à l'aide d'un disque en bois et de quelques morceaux de poudrette bien équarris, on presse jusqu'à siccité. Quand la dame remonte, on prévient la chute de la vis à l'aide de la soie qui traverse la pièce de bois et la dépasse de quelques centimètres. L'extrémité de cette soie est terminée par une vis à laquelle s'adapte un double écrou : entre l'écrou et la pièce de bois est une rondelle en fer qui reçoit le frottement et la charge quand le sommier remonte. On est parvenu à prévenir le faussement de la vis sans fin par son mouvement oblique entre les dents de la roue, dans les moments du plus grand effort, et, pour cet effet, on a placé près de la vis sans fin deux roulettes en cuivre qui maintiennent l'horizontalité de la roue; pour empêcher que le marc ne s'attache trop fortement à la danaïde alors qu'il est comprimé et devenu très-dur, on place le tronçon rempli de marc pressuré sur une autre tronçon foncé, et d'un diamètre un peu plus grand ; en lui faisant subir une seconde pression, le marc tombe dans le vase inférieur et la place restera nette pour recommencer une autre foulée. La pression se fera infiniment plus vite ; on pourra remplir une danaïde pendant qu'on pressera dans l'autre : la même vis sans fin pouvant servir pour les deux, le support étant disposé de manière que l'on peut mettre et ôter la vis à volonté. Ce pressoir, supérieur aux anciens, occupe peu de place, est d'un service facile, n'exige point d'effort, et coûte moins qu'un autre à établir. (*Archives des découvertes et inventions*, t. V, p. 405.)

PROPULSEUR. *Voy.* HÉLICE.

PUITS ARTÉSIENS.—Le nom d'*artésiens* a été donné aux trous de sonde forés verticalement, destinés à rencontrer une nappe d'eau souterraine comprise entre deux couches de sol imperméables, parce que c'est dans l'Artois qu'ils sont en usage depuis six à sept siècles. Leur origine paraît remonter à une haute antiquité. On rencontre des forages d'eau jaillissante dans les déserts de l'Asie, dans l'Inde, dans la Chine, etc. Nous emprunterons à M. P. Debette l'exposé de la théorie et de la construction de ces puits.

« Les nappes d'eau souterraines, dit M. Debette, paraissent former de véritables courants d'une largeur considérable, qui circulent dans les vides ou fissures de certaines couches, comprises entre des couches d'une imperméabilité complète ou relativement beaucoup plus grande. Les couches perméables sont ordinairement composées de sables plus ou moins désagrégés, et quelquefois de roches solides calcaires ou autres, criblées de fissures ; de sorte que l'eau pénètre, pour ainsi dire, la couche entière, qu'il est impossible de traverser sans lui ouvrir une issue. Nous faisons ici une restriction, parce qu'il y a quelques exemples dans lesquels, de plusieurs trous forés à peu de distance les uns des autres, les uns ont rencontré des sources jaillissantes et les autres ne les ont pas atteintes ; ainsi, à *Blingel*, dans la vallée de la Ternaise, de trois sondages entrepris en 1820, le premier a procuré une belle fontaine jaillissante ; les deux autres, au contraire, n'ont pas donné une goutte d'eau, et cependant les trois trous sont très-voisins ; des phénomènes analogues se sont présentés à *Lillers, à Saint-Pol* et *à Saint-Venant : à Béthune*, un trou de sonde foré jusqu'à une profondeur de 33 m., a ramené au jour un beau jet d'eau limpide, tandis que dans le jardin de la propriété contiguë, un autre trou de sonde foré jusqu'à une profondeur de 57 m., n'a pas rencontré le moindre filet liquide. Pour expliquer ce phénomène, il faut se rappeler que quelquefois la couche perméable est une roche compacte présentant de grandes fissures dans lesquelles l'eau circule, et qu'alors il peut arriver que de deux puits forés voisins, l'un rencontre une de ces fissures et donne de l'eau en abondance, tandis que l'autre n'en rencontre aucune, quoique foré à une profondeur plus considérable ; si cependant on poussait ce dernier jusqu'aux limites inférieures de la couche perméable, on serait à peu près certain de ne plus trouver des filets liquides isolés, mais bien une véritable nappe souterraine.

« Les eaux qui pénètrent une couche aquifère constituent, comme nous l'avons dit, un véritable courant alimenté par les eaux des rivières, des lacs sous lesquels passent les affleurements supérieurs de la couche, ou par les eaux pluviales, et qui se déchargent, sous forme de sources, aux points les plus bas de ces affleurements, lesquels peuvent se trouver cachés sous le lit des fleuves ou sous celui de la mer : le lit souterrain du courant est d'ailleurs fort large, mais ordinairement très-encombré, puisqu'il n'est formé que des cavités et des fissures qui pénètrent la couche. La vitesse du courant est quelquefois considérable ; ainsi nous voyons dans la savante notice de M. Arago, sur les puits artésiens, insérée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, que des ouvriers perforaient le terrain près de la barrière Fontainebleau, dans un établissement connu sous le nom de Brasserie de la Maison Blanche. Comme d'habitude, les progrès de ce travail étaient lents ; mais voilà que tout à coup la sonde s'échappe de leurs mains ; ils la voient s'enfoncer brusquement de 7m 50. Sans la manivelle placée transversalement

dans l'œil de la première tige, et qui ne put passer par le trou déjà fait, la chute se fût probablement continuée encore. Lorsqu'on essaya de retirer la sonde, il devint comme évident qu'elle était comme suspendue, que sa pointe inférieure ne reposait pas sur un terrain solide, et qu'enfin un fort courant la poussait latéralement et la faisait osciller.

« Pendant le percement des puits de la gare de *Saint-Ouen*, MM. Flachat rencontrèrent, à une profondeur de 51m50, une nappe souterraine dans laquelle la sonde s'enfonça subitement de 0m 35. Le courant doit y être très-fort, car il imprimait à la sonde un mouvement oscillatoire très-sensible. Ce double résultat (l'existence et la force du courant) peut se déduire aussi avec certitude d'un autre fait curieux : quand, en approfondissant le trou, la tarière, chargée des débris des couches qu'elle avait attaquées, passait, en remontant, au niveau de la nappe ci-dessus, tous ces débris étaient emportés, et il n'était pas nécessaire de la ramener jusqu'à la surface.

« A *Cormeilles* (Seine-et-Oise), la sonde, « arrivée dans les plâtres, oscillait, dit M. « Degousée, sous l'action d'un courant inférieur très-rapide, comme le balancier d'une « pendule. »

« Enfin, le 30 juillet 1831, le tuyau vertical de la fontaine jaillissante de la place de la Cathédrale, à Tours, ayant été raccourci d'environ 4 m. le produit en liquide, comme de raison, devint aussitôt plus grand. L'augmentation fut d'environ un tiers; mais l'eau, auparavant très-limpide, ayant reçu un accroissement subit de vitesse, se troubla pendant plusieurs heures; elle amena, de la profondeur de 109 m. des débris de végétaux et des coquilles d'eau douce et terrestres; tous ces débris ressemblaient à ceux que les petites rivières et les ruisseaux laissent sur leurs bords après un débordement. Ces faits établissent d'une manière incontestable que les eaux de la nappe souterraine qui alimentent la fontaine ci-dessus ne résultent pas, du moins en totalité, d'une filtration à travers des couches de sable. Pour qu'elles puissent entraîner des coquilles, des morceaux de bois, il faut qu'elles *se meuvent librement dans de véritables canaux*.

« Les couches que la sonde traverse avant d'arriver à la nappe jaillissante ne sont point complétement imperméables, et par conséquent, absorberaient une partie des eaux montantes, si l'on n'avait soin de placer dans le trou de sonde un tuyau d'ascension destiné à isoler les eaux ; ce tuyau doit s'appuyer sur la couche imperméable immédiatement supérieure à la nappe aquifère, et la jonction entre le contour extérieur de ce tuyau et la couche doit être aussi exacte que possible, afin d'éviter toute déperdition. Si l'on prolonge ce tuyau au-dessus du sol, à tel point que l'eau ne puisse plus s'écouler par son orifice supérieur, elle atteindra, dans l'intérieur de ce tuyau, un niveau fixe qui porte le nom de *niveau hydrostatique* du puits foré, et s'il n'y a pas de déperdition à la base du tubage, la hauteur du niveau hydrostatique, au-dessus du fond du trou de sonde, mesurera exactement la pression des eaux souterraines en ce point. Si le prolongement du tuyau ascensionnel offrait quelques difficultés, on pourrait déterminer aisément le niveau hydrostatique, en bouchant l'extrémité supérieure du tuyau par un tampon, et mesurant ensuite la pression à cette hauteur à l'aide d'un *manomètre* ordinaire, cette pression, convertie en hauteur d'eau, et portée au-dessus du tuyau, donnerait la position du niveau hydrostatique. Par suite du mouvement même dont les eaux souterraines sont animées, le niveau hydrostatique d'un puits foré est toujours inférieur aux affleurements supérieurs de la couche ; d'un autre côté, il est supérieur aux affleurements les plus bas de cette couche. Enfin, il n'est pas invariable puisqu'il dépend des charges d'eau sur les orifices d'alimentation et ceux d'écoulement de la nappe aquifère. Ces charges varient avec les crues des cours d'eau qui recouvrent les affleurements supérieurs et inférieurs de la couche, ou avec le niveau des eaux de la mer, lorsque les orifices d'écoulement sont au-dessous de son lit : ainsi M. Baillet de Belloi a constaté que le niveau de la fontaine jaillissante de *Nogelle-sur-Mer* (Somme) monte et baisse avec la marée ; M. Arago rapporte qu'à *Fulham*, près de la Tamise, dans une petite propriété de l'évêque de Londres, un puits foré, de 97 mètres de profondeur, donne 363 ou 273 litres d'eau par minute, suivant que la marée est haute ou basse. Si auprès d'un puits foré déjà établi on en fore un second, ce dernier aura ou non de l'influence sur le produit du premier selon que le rapport des dimensions de l'ouverture comparées à celles de la nappe alimentaire sera notable ou infiniment faible.

« On rencontre fréquemment, dans les sondages à travers les terrains stratifiés, plusieurs nappes aquifères superposées : ainsi, à *Saint-Ouen*, MM. Flachat en ont rencontré cinq susceptibles d'ascension :

La	1re	à 26 m.	de profondeur.
La	2e	à 45 m. 50	—
La	3e	à 51 m. 50	—
La	4e	à 59 m. 50	—
La	5e	à 66 m. 50	—

« A *Tours*, les trois nappes ascendantes reconnues par M. Degousée se trouvent sous le terrain de la place de la Cathédrale.

La	1re	à 95 m.	de profondeur.
La	2e	à 112 m.	—
La	3e	à 125 m.	—

« Enfin nous citerons les travaux de sondage pour la recherche de la houille, exécutés, non loin de *Dieppe*, près *Saint-Nicolas-d'Aliermont*, qui y ont fait reconnaître *sept* grandes nappes d'eau très-abondantes et douces, d'une force ascensionnelle très-grande :

La 1re	à 25 à 30 m.	de profondeur.	
La 2e	à 100	m.	—
La 3e	à 175 à 180	m.	—
La 4e	à 210 à 215	m.	—
La 5e	à 250	m.	—
La 6e	à 287	m.	—
La 7e	à 333	m.	—

« Généralement, lorsqu'un trou de sonde traverse plusieurs nappes aquifères, les plus profondes sont celles qui ont le niveau hydrostatique le plus élevé, et par suite qui présentent la force ascensionnelle la plus considérable ; elles sont aussi ordinairement d'autant plus abondantes qu'elles sont plus profondes ; ainsi, supposons cinq nappes d'eau superposées, la 5e nappe d'eau qui a son affleurement supérieur dans une vallée qui est au-dessous de celle où se trouvent les affleurements des 3e et 4e nappes, aura un niveau hydrostatique moins élevé ; mais, suivant la règle générale, la puissance ascensionnelle de ces dernières sera plus grande que celle des 1re et 2e nappes qui ont leur orifice d'alimentation en une vallée située au-dessous de la leur. On conçoit donc que si le puits foré n'était pas soigneusement tubé, une partie des eaux montantes serait absorbée soit par les couches aquifères supérieures, soit par les couches perméables absorbantes que l'on aurait traversées. On a aussi rencontré, rarement il est vrai, des nappes *absorbantes* au-dessous d'autres nappes donnant des eaux jaillissantes. Il pourrait donc arriver qu'on rencontrât, en approfondissant un puits foré, une nappe qui absorbât en partie les eaux supérieures et diminuât le niveau hydrostatique du puits.

« La propriété absorbante de certaines nappes est souvent utilisée pour se débarrasser d'eaux nuisibles et pour opérer l'assèchement de grandes étendues de pays auparavant marécageuses et impropres à la culture. Comme exemple du parti que l'on peut tirer de cette propriété nous citerons : la plupart des carrières des environs de Paris, où l'on se débarrasse des eaux au moyen de trous de sonde forés jusqu'à la profondeur des couches fissurées supérieures de la craie ; la voirie de Bondy, qui se débarrasse, par le même procédé, de 100 mètres cubes d'eau par 24 heures ; la plaine des *Paluns*, près de Marseille, qui formait autrefois un grand bassin marécageux qu'il paraissait impossible de dessécher à l'aide de canaux d'assèchement superficiels. Le roi René y fit alors creuser un grand nombre de trous ou puisards, qui jetèrent et jettent encore aujourd'hui dans des couches perméables situées à une certaine profondeur des eaux qui rendaient toute la contrée improductive. On assure que ce sont les eaux absorbées dans ces puisards (en provençal *embugs*) de Paluns, qui, après un cours souterrain, forment les sources jaillissantes du port de *Mion*, près de *Cassis*. Enfin, nous terminerons en faisant connaître le parti ingénieux que M. Mulot a tiré des propriétés absorbantes de certaines couches pour résoudre un problème dont la solution importait beaucoup à la ville de Saint-Denis.

« L'eau d'une fontaine creusée sur la place de la Poste-aux-Chevaux de cette ville devint, dans l'été, un excellent moyen de propreté ; mais l'hiver venu, les glaces s'accumulèrent sur la voie publique et nuisirent beaucoup à la circulation. Cet inconvénient avait fait presque renoncer à creuser une nouvelle fontaine sur la place aux Gueldres, lorsque M. Mulot imagina le procédé suivant ; de l'eau d'excellente qualité provenant d'une couche située à 65 m. de profondeur, monte dans un tube métallique d'un certain diamètre. Un tube, *notablement plus grand*, enveloppe le premier et va le saisir, à 55 m. de profondeur, d'une nappe d'eau encore très-potable, mais moins bonne cependant que la première. C'est exclusivement dans l'espace annulaire compris entre ces deux tubes que l'eau de la nappe située à 55 m. peut remonter. Enfin un troisième tube, *notablement plus grand* que le second, descend en l'enveloppant jusqu'à la profondeur d'une couche absorbante. L'espace annulaire compris entre le tube moyen et le tube extérieur ne donne donc rien ; au contraire, il sert, *en hiver*, à ramener dans le sein de la terre la partie non employée des eaux des deux couches ascendantes qui, en se répandant sur la place et dans les rues, auraient formé une épaisse couche de glace.

« On conçoit aisément que la quantité d'eau que fournit un puits artésien est très-variable, suivant le diamètre du tuyau d'ascension, la hauteur du niveau hydrostatique du puits, et la facilité plus ou moins grande avec laquelle l'eau se meut dans les canaux souterrains qui sont en communication avec le fond du trou. Voici ceux qui donnent le plus grand volume d'eau.

« Le fameux puits de *Grenelle*, creusé par M. Mulot, jaugé au niveau du sol, a donné 3,000 litres d'eau par minute.

« Le puits artésien que MM. Fabre et Espériquette ont foré à *Bages*, près Perpignan, dans une propriété de M. Durand, donne 2,000 litres d'eau par minute.

« Enfin le puits jaillissant que M. Degousée a foré à *Tours*, dans le quartier de cavalerie, jaugé à près de 2 mètres de hauteur au-dessus du sol, a donné 1,110 litres d'eau.

« Le plus profond des puits artésiens en France est celui de Grenelle, dont nous avons déjà parlé, et qui a une profondeur totale de 548 mètres.

« Il arrive quelquefois que le produit d'un puits artésien diminue ; dans cette circonstance, il y a deux cas à distinguer, suivant que le niveau hydrostatique n'en reste pas moins constant, ou suivant qu'il diminue. Dans le premier cas, la diminution du produit tient à un engorgement du tube ascensionnel ou du banc aquifère ; on y remédie en faisant passer la sonde dans le trou pour le nettoyer, et imprimant ensuite, si cela ne suffit pas, à la colonne liquide, une série d'impulsions brusques, au moyen d'un piston de pompe à clapets, que l'on fait mou-

voir avec une grande vitesse dans le tube ascensionnel. Lorsque le niveau hydrostatique s'est abaissé, l'accident est beaucoup plus grave, cela annonce qu'il y a déperdition d'eau le long du tube d'ascension ; il faut dans ce cas enlever en tout ou en partie le tubage et le remplacer. On se demande souvent s'il est à présumer que les fontaines artésiennes s'épuisent à la longue ; nous nous contenterons, pour répondre à cette question, de citer le puits foré de *Lillers* (Pas-de-Calais), dont le produit journalier ainsi que la hauteur à laquelle l'eau jaillit, n'ont jamais varié, et dont la construction remonte, dit-on à l'année 1126.

« On sait que depuis longtemps les expériences faites dans les mines avaient démontré qu'à une faible profondeur au-dessous du sol la température propre de la terre devenait indépendante des saisons et croissait à mesure que l'on s'enfonçait ; cet accroissement est de 1 degré par 25 ou 30 mètres de profondeur. La chaleur constante et élevée que possèdent les sources jaillissantes est venue en donner une preuve plus convaincante encore. Nous citerons quelques exemples :

La température moyenne de Paris, à la surface du sol, est de	+ 10° 6
La température de la fontaine jaillissante de la gare de *Saint-Ouen* est de (Profondeur 66 m.)	+ 12° 9
La température du puits de *Grenelle* est de (Profondeur 548 m.)	+ 27° 4
La température moyenne de la surface à *Tours* est de	+ 11° 5
La température du puits artésien foré chez Champoiseau est de (Profondeur 140 m.)	+ 17° 5

« Les sources artésiennes ont été recherchées comme moteurs, même dans les pays où les cours d'eau ne sont pas rares. Leur température constante et élevée permet en effet de les appliquer au service des usines pendant les hivers les plus rigoureux, soit directement quand elles sont abondantes, soit comme moyen de fondre les glaçons qui arrêtent le mouvement des roues hydrauliques. Dans le nord de la France, où la nappe aquifère est située à une faible profondeur, on trouve un grand nombre de moulins alimentés par les eaux d'un ou plusieurs puits artésiens. A Tours, M. Degousée a foré, dans la manufacture de soie de M. Champoiseau, un puits de 140 mètres de profondeur, qui verse 1,100 litres d'eau par minute, dans les augets d'une roue de 7 mètres de diamètre ; cette roue met en mouvement tous les métiers de la manufacture. Dans le Wurtemberg, M. Bruckmann, en faisant circuler le long de tuyaux convenablement disposés de l'eau à + 12° centigr. provenant de puits artésiens, est parvenu à maintenir à + 8° la température de divers ateliers, quand le thermomètre extérieur marquait 18° au-dessous de zéro.

« A l'époque des grandes pluies, le travail des papeteries était souvent interrompu à cause de l'impureté des eaux. Ces chômages forcés n'existent plus partout où l'on se sert des eaux jaillissantes et constamment limpides des puits forés.

« Dans quelques localités, les eaux toujours pures et d'une température invariable des fontaines jaillissantes, ont servi à établir des *cressonnières* artificielles très-productives. La belle végétation du cresson dans les parties des lits des ruisseaux où il existait des sources naturelles a donné l'idée de cette application. On assure que les cressonnières artificielles d'*Erfurth* (Allemagne) ne rapportent pas moins de 300,000 francs par an !

« En cherchant de l'eau dans les entrailles de la terre, au moyen de la sonde, on rencontre quelquefois, au lieu de ce liquide, de grands réservoirs d'un gaz qui monte rapidement à la surface. Ce gaz est ordinairement inflammable; quelquefois c'est de l'hydrogène pur ; mais le plus souvent c'est de l'hydrogène carboné, identique à celui du gaz d'éclairage. Dans le forage des trous de sonde destinés à la recherche des eaux salées, les Chinois rencontrent souvent de pareils dégagements gazeux. Ils conduisent alors, à l'aide de longs tuyaux, le gaz sous les chaudières qui servent à évaporer les eaux salées, et l'y enflamment : ils n'emploient dans ce cas aucun autre combustible. Ils se servent aussi du même gaz pour éclairer les rues, halles et ateliers, lorsqu'ils en ont une quantité suffisante. Il y a également dans les Etats-Unis d'Amérique plusieurs villages dans lesquels on a mis à profit, pour éclairer les rues et les maisons, des courants de gaz inflammable qui se dégagent d'une manière continue, depuis un grand nombre d'années, par des trous de sonde qu'on avait faits en cherchant de l'eau. »

Occupons-nous maintenant pour le complément de cet article de ce qui regarde le *forage* des puits artésiens et le *tubage* des puits forés.

Pour creuser un puits artésien on se sert d'une sonde composée de diverses barres de fer s'ajustant les unes au bout des autres à l'aide d'écrous, et dont la partie tranchante varie de forme suivant la nature du terrain à traverser. Des tarrières, des ciseaux, des trépans attaquent les diverses couches suivant leur nature sablonneuse, caillouteuse, pierreuse ou composée de roches. Une manivelle imprime à la sonde un mouvement de rotation, en même temps qu'un câble fixé à sa partie supérieure, et attaché à une chèvre, sert à la retirer. Les instruments auxiliaires sont le *tourne-à-gauche*, barre de fer percée d'un trou carré dans lequel peut entrer la tige de la sonde; la *barre de rotation*, pièce de bois qui entre dans l'anneau de la tête de la sonde ; l'*arrache sonde*, qui affecte différentes formes comme le tire-bourre, le crochet, la pince, etc., qui sert à retirer la sonde quand la tige vient à

casser. Lorsqu'on est arrivé à la couche calcaire, on suspend l'approfondissement du trou de sonde, et l'on fait descendre dans l'intérieur des tubes ou des tuyaux, qui doivent servir à former le vide intérieur par lequel doit passer l'eau jaillissante; c'est ce que l'on nomme le *tubage*. Ces tuyaux sont confectionnés de façon qu'ils puissent s'emboîter les uns dans les autres. On a vu précédemment de quelle importance est la parfaite exécution du tubage; aussi ne saurait-on apporter trop de soins à l'exacte jonction du tube avec la couche imperméable qui doit lui servir de base.

PYRÉOLOPHORES. — *Mécanique.* — *Invention.* — *MM. Niepce.* — 1806. Les inventeurs en donnant le nom de *pyréolophores* à leur machine, ont voulu que ce nom indiquât les moteurs de cette machine, qui sont le vent d'un soufflet, le feu et l'air dilaté soudainement. Leur intention a été de trouver une force physique qui pût égaler celle des pompes à feu sans consumer autant de combustible. Pour se faire une idée de la manière dont les inventeurs produisent et font agir la dilatation subite de l'air, qu'on se figure un récipient de cuivre fortement attaché à une table horizontale; à l'une des parois est attaché un tube par lequel on fait passer une masse d'air dans le récipient; sur son chemin cet air rencontre quelques grains de matières combustibles qu'il projette sur une flamme où elles entrent en ignition; la matière embrasée pénétrant dans le récipient en dilate l'air avec une grande force qui s'exerce contre les parois, pousse en avant un piston qui glisse dans un second tube adapté à l'une des parois. Ce piston chasse devant lui une colonne d'eau ou tout autre corps qu'on expose à son action, après quoi ce piston reprend de lui-même sa première place, et toute la machine revenant à sa première disposition, se trouve prête à jouer de nouveau. Tous ces effets s'accomplissent en cinq secondes de temps. Dans une expérience faite par les auteurs, un bateau chargé de neuf quintaux et présentant à l'effort de l'eau une proue de 63 décimètres carrés (6 pieds carrés) a remonté la Saône avec une vitesse double de celle du courant. Dans une autre expérience faite par les commissaires chargés de l'examen de la machine, la pression exercée sur un piston de 22 centimètres (3 pouces carrés) a fait équilibre à un poids de 57 kilogrammes; la capacité intérieure était de 418 centimètres cubes (21 pouces) et la consommation du combustible n'a été que de 32 centigrammes (6 grains). Sur le rapport fait par MM. Berthollet et Carnot, la classe des sciences physiques et mathématiques a arrêté qu'il serait fait mention honorable de cette intéressante machine. [*Mémoires de l'Institut*, 2e semestre, 1807, page 146; *Annales de Chimie et Physique*, t. VIII, p. 294, 1817 (1).] — *Voy.* MACHINE A VAPEUR.

(1) Extrait du *Dictionn. des découvertes.*

PYROMÈTRE. — Instrument destiné à mesurer la chaleur des foyers les plus intenses. A un certain degré de température, l'alcool, le mercure, qui entrent dans la composition des THERMOMÈTRES (*Voy. ce mot*) ordinaires, se vaporisent. Les arts céramiques, les divers arts de la fonderie réclamaient impérieusement un nouveau moyen d'appréciation des températures les plus élevées. Ces besoins amenèrent l'invention du *Pyromètre*. Deux sortes de pyromètres sont employés dans l'industrie; les uns *à platine*, les autres *à argile;* nous examinerons plus tard, avec le *Dictionnaire des découvertes*, les divers perfectionnements qui ont été apportés à ces instruments. Les premiers indiquent le degré de chaleur par la dilatation du platine, et consistent en deux branches qu'un cylindre de platine écarte à mesure que la chaleur s'élève: on estime l'intensité de cette dernière au moyen d'un arc de cercle gradué. Le *pyromètre à argile* donne le degré de chaleur par la diminution du volume de l'argile. Il est dû à Wedgwood; il consiste en deux règles graduées de cuivre, inclinées l'une à l'autre comme deux branches d'un compas. Ces règles sont graduées: entre elles est placé un petit cylindre d'argile; ce cylindre, se rétrécissant par suite de l'évaporation produite par l'augmentation de la chaleur, s'enfonce de plus en plus vers le sommet de l'angle formé par les deux règles, et indique ainsi le degré de température.

PYROMÈTRES DE PLATINE. — *Observations nouvelles.* — *M. Guyton de Morveau.* — An XI. — L'auteur a présenté à l'Institut un instrument exécuté pour mesurer le degré de la plus haute chaleur de nos fourneaux. Il consiste en une verge ou lame de platine posée de champ dans une rainure pratiquée dans un tourteau d'argile réfractaire; cette lame s'appuie à l'une de ses extrémités sur le massif qui termine la rainure; l'autre extrémité porte sur un levier coudé, dont la grande branche forme aiguille sur un arc de cercle gradué; de sorte que le déplacement de cette aiguille marque l'allongement que la lame de métal prend par la chaleur. Le tourteau d'argile ayant été cuit au dernier degré, il n'y a pas à craindre qu'il prenne du retrait, et la dilatation qu'il pourrait éprouver pendant la durée de l'incandescence, n'affecterait que la très-petite distance de l'axe du mouvement de l'aiguille, au point du contact de la verge d'allongement, c'est-à-dire de manière à en diminuer plutôt l'effet qu'à l'augmenter. Toutes les pièces de cet instrument étant de platine, il n'y a ni fusion, ni oxydation à redouter. Par rapport à ses dimensions, l'auteur a pensé qu'elles devaient être réduites à ce qui était nécessaire pour obtenir des variations sensibles si l'on voulait en rendre l'usage commode et sûr; commode, par la facilité de le placer sous un moufle, sous un creuset renversé, etc.; sûr, à raison de la diminution des accidents d'inégalité de cha-

leur, qu'il est impossible d'éviter, même au milieu d'une grande masse de feu sur une certaine étendue. M. Guyton est parvenu à rendre sensibles des variations d'un deux centième de millimètre. La verge d'allongement est de quarante-cinq millimètres de longueur, cinq de largeur et deux d'épaisseur. Le bras du levier coudé qui s'appuie sur l'extrémité de cette verge a vingt-cinq millimètres de longueur, et le bras en équerre, qui fait fonction d'aiguille sur l'arc de cercle gradué a cinquante millimètres. L'espace parcouru par le déplacement du petit bras est donc agrandi dans le rapport de un à vingt. Le grand bras portant un nonius qui indique, sur le même arc de cercle gradué les dixièmes de degrés, on aura distinctement le deux centième de l'un de ces degrés. Enfin la division décimale d'un arc de cercle de cinquante millimètres de rayon ne donnant pour un de ces degrés que 7,8538 décimillimètres, il est évident que l'on pourra mesurer un allongement de 0,078538 décimillimètres, ou d'un cinq mille sept cent trentième de la verge de l'instrument. Comme il pourrait arriver qu'en retirant l'instrument du fourneau le mouvement changeât la position que la dilatation aurait donnée à l'aiguille, on a adopté une lame de platine qui fait ressort sur son extrémité. (*Annales de chimie*, t. XLVI, page 276, 1814.)

M. Guyton de Morveau s'étant livré à l'examen de la table de Wedgwood et de ses pièces pyrométriques, ayant fait un grand nombre d'expériences, et rapporté celles de plusieurs autres sur le même objet, conclut à ce que les valeurs assignées par Wedgwood aux degrés de l'échelle de son pyromètre doivent être considérablement réduites; et il cite une expérience répétée trois fois avec l'antimoine; le terme moyen de cette expérience achevée sans aucun accident a été de 1131,5 millimètres de dilatation du barreau de platine et 702 du pyromètre de Wedgwood : ce qui donne la correspondance du 7° degré de son échelle à 955° de Fahrenheit, au lieu de 1987 et 512° 77 du thermomètre centigrade, au lieu de 1086, 11; que tous les moyens connus de mesurer la chaleur concourent également à établir ce résultat, depuis le zéro du thermomètre jusqu'à la température du fer incandescent; que les corrections que l'auteur en a déduites se trouvent en concordance avec les indications données par les appareils les plus ingénieux et les instruments les plus parfaits; enfin que ces corrections ne peuvent manquer d'ajouter à l'utilité du pyromètre d'argile, soit dans les travaux chimiques, soit dans les arts; quand même le pyromètre de platine, plus exact, mais moins usuel, serait réservé pour en assurer la marche. (*Même ouvrage*, 1814, t. XC, p. 325.)

Pyromètre en terre cuite. — *Observations nouvelles*. — *M. Fourmy*. — 1810. — On n'avait attribué, jusqu'à ce jour, l'irrégularité de la marche de ces instruments qu'à la différence de nature des argiles employées, à leur lavage, broyage, ou pétrissage plus ou moins parfait, à la quantité plus ou moins considérable d'eau employée pour faire la pâte, à la dessiccation lente ou rapide de celle-ci, à l'inégalité de pression qu'elle éprouve dans son moulage, enfin, à son plus ou moins d'ancienneté; chacune de ces causes apporte en effet des différences dans la retraite que la même masse de pâte argileuse éprouve lorsqu'on l'expose à une même température : qu'on juge, d'après cela, de la confiance qu'on peut avoir dans de pareils instruments. Mais il est une cause d'anomalie encore plus puissante, qui n'avait été constatée par aucune expérience directe, comme vient de le faire M. Fourmy. On avait remarqué dans la pratique, que des pièces faites de la même pâte prenaient souvent plus de retraite lorsqu'elles étaient tenues pendant longtemps à une haute température, que lorsqu'elles n'éprouvaient cette température que pendant peu de temps. M. Fourmy a exposé une vingtaine de cylindres du pyromètre de Wedgwood à une température tantôt égale et tantôt inférieure à celle qu'ils avaient déjà éprouvée; et il a reconnu, dans presque toutes ses expériences, que ces cylindres avaient pris une nouvelle retraite qui les faisait entrer quelquefois de 15° de plus dans l'échelle pyrométrique. Ici, la même température plusieurs fois renouvelée a tenu lieu d'une même température longtemps continuée; et si chacune des expériences de M. Fourmy, prise isolément, ne peut pas prouver l'assertion qu'il a mise en avant, à cause de toutes les circonstances qui peuvent déranger la marche d'un cylindre pyrométrique, la coïncidence de vingt expériences qui ont toutes donné le même résultat semble être une preuve suffisante de la vérité de ce principe. M. Fourmy en conclut donc : 1° que non-seulement la température, mais encore la durée plus ou moins longue de la même température font éprouver à la même masse d'argile des retraites différentes; 2° que le pyromètre de Wedgwood, et tous ceux qui sont construits en argile et sur les mêmes principes, ne peuvent donner des résultats utiles dans la pratique que lorsqu'ils sont faits avec la même masse de pâte argileuse, et employés à comparer des températures obtenues dans les mêmes circonstances; 3° qu'ils ne peuvent être nullement considérés comme un instrument propre à donner, soit au physicien, soit au manufacturier, les moyens de comparer de hautes températures obtenues dans des lieux ou dans des temps éloignés. M. Brongniart se range du même avis que M. Fourmy et croit pouvoir assurer que tout pyromètre métallique destiné à mesurer de hautes températures, qui aura pour support ou pour point d'appui un corps argileux quelconque, empruntera de ce corps, exposé au feu avec lui, toutes les causes d'inexactitude attribuées avec raison aux pyromètres des terres cuites;

et ces causes seront d'autant plus multipliées, que l'instrument sera plus sensible, et par conséquent plus compliqué. (*Société philomathique*, 1810, page 37.)



QUINQUINA et QUININE. — Le quinquina est un des articles les plus importants du commerce de la droguerie. Cette substance, dont les propriétés fébrifuges sont bien connues, est une écorce qui provient d'arbres de la famille des *rubiacées*.

On en distingue plusieurs espèces dans le commerce, plus ou moins recherchées, d'après les proportions qu'elles renferment de quinine, base végétale découverte dans le quinquina par MM. Pelletier et Caventou, et à laquelle appartiennent essentiellement les propriétés fébrifuges du quinquina. On trouve dans plusieurs quinquinas, au lieu de quinine, ou en même temps que celle-ci, une autre base végétale un peu différente, la cinchonine, base qui ne paraît pas jouir de propriétés fébrifuges aussi énergiques que la quinine, à laquelle, du reste, elle reste bien souvent mêlée, et à laquelle elle ressemble extrêmement sous tous les rapports.

Parmi les divers quinquinas, on distingue surtout le *quinquina jaune royal*, ou le *quinquina calysaya*. Ces écorces, provenant d'arbres assez forts, sont généralement en gros morceaux plats ou qui n'ont qu'une faible courbure : la cassure en est inégale et présente de longs filaments soyeux. Sa saveur est une amertume franche et sans restriction. C'est dans ce quinquina que MM. Pelletier et Caventou ont découvert la quinine : c'est toujours la plus recherchée pour cette fabrication.

Le *quinquina gris*, ou *kina loxa*, se compose des espèces les plus recherchées de la province de Loxa, au Pérou : c'étaient les seules estimées des Espagnols. Elles sont entièrement roulées et forment de petits cylindres de la grosseur d'un tuyau de plume, et au plus de celle du petit doigt. L'épiderme est fin, de couleur fauve plus ou moins obscure, souvent tacheté par des lichens argentins ou grisâtres. Depuis la découverte de la quinine, cette espèce est peu estimée en France.

Le *quinquina rouge* provient des écorces de *cinchona oblongifolia* ; ces écorces sont grosses, plates ou cylindriques, couvertes d'un épiderme rugueux comme celui du *calysaya*. L'écorce de l'intérieur est rouge ; sa saveur est très-amère et plus astringente que dans les autres espèces. Ce quinquina est très-recherché. D'autres écorces, dites *quinquina rouge pâle*, paraissent être des variétés de la précédente.

Préparation du sulfate de quinine. — La grande consommation du sulfate de quinine et son prix élevé ont fait rechercher avec soin les méthodes les plus parfaites pour sa préparation. La solubilité de la quinine dans l'alcool, qui était la base des teintures à l'aide desquelles on administrait le quinquina avant la découverte de la quinine, fournit la base de ces procédés. Le procédé d'extraction indiqué par MM. Pelletier et Caventou consistait à traiter le quinquina par l'alcool, à évaporer cette teinture en vase clos, puis à reprendre l'extrait alcoolique par l'acide hydrochlorique qui en sépare la quinine avec quelques autres principes ; à décomposer l'hydrochlorate résultant par la magnésie en excès, et à traiter enfin le dépôt magnésien par l'alcool pour en extraire la quinine. Ce procédé a été avantageusement simplifié par M. Henry fils. Il traite le quinquina par de l'eau bouillante acidulée qui enlève très-bien la quinine et remplace la magnésie par de la chaux. On voit que l'extraction de la quinine consiste : 1° à bien épuiser, par des lavages successifs, le quinquina réduit en poudre ; 2° à ajouter de la chaux et à traiter par l'alcool précipité ; 3° à soumettre à la distillation la teinture alcoolique, et, lorsque cette opération est très-avancée, à ajouter l'acide sulfurique nécessaire pour sulfater la quinine, c'est-à-dire jusqu'à ce que la liqueur rougisse le papier de tournesol. Par le refroidissement, la liqueur donne le sulfate de quinine cristallisé. On l'obtient parfaitement blanc en le redissolvant et le filtrant par du noir animal. M. Robiquet a donné, dans le *Dictionnaire technologique*, un travail très-complet sur la manière dont doit être conduit en grand ce travail (1).

Nous lisons dans le *Bulletin de Pharmacie*. « Le *kina* croît sur des montagnes excessivement humides; c'est un arbre qui, dans les forêts, surpasse de beaucoup en hauteur tous les autres. Ses pousses de l'année sont très-tendres; elles s'élèvent quelquefois de cinq à neuf pieds, et même au-dessus. Les Indiens montent sur le haut d'un kina, de là ils aperçoivent les autres quinquinas qu'ils doivent abattre. Ils sont dans la fausse opinion que les graines du kina ne peuvent germer; en sorte que l'on n'a pas fait au Pérou la moindre tentative pour propager cet arbre qu'on abat, depuis près de deux cents ans, pour exporter chaque année des milliers de quintaux de son écorce; que l'ignorance, le préjugé et la mauvaise méthode rendent de jour en jour cet arbre si rare, que l'on ne le trouve presque plus aux environs de Loxa, et que la meilleure espèce, apportée par La Condamine, y est peu commune. Les récolteurs, pour satisfaire à leur corvée, qui devient de jour en jour plus difficile, mêlent fréquemment au kina l'écorce d'un arbre qui s'élève également très-haut : c'est le *ccinannia*, arbre dont l'écorce est rouge

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

comme celle du bon quinquina, et difficile à en être distinguée. Le weinannia sert dans le Pérou au tannage des cuirs, à quoi on n'emploie pas le kina, vu son prix excessif. Ces deux écorces agissent différemment contre les fièvres intermittentes. Pour que le kina ait toute son efficacité, il faut qu'aussitôt que l'arbre a été abattu et que l'écorce est recueillie, elle soit transportée rapidement au soleil brûlant de ce climat; mais, si par négligence les *écarilloires* (on appelle ainsi les récolteurs) laissent les *écorces* à l'humidité, elles perdent un principe fugace très-fébrifuge. M. Ruis, botaniste espagnol, a observé au Pérou que l'extrait de quinquina fait avec l'écorce nouvellement recueillie et parfaitement desséchée, est d'une efficacité bien supérieure à l'extrait d'un kina qui aurait été gardé ou qui aurait éprouvé tant soit peu d'humidité. Le quina recueilli est apporté sur la place du marché à Loxa; là se trouvent des officiers inspecteurs du kina, appelés *cascarillas;* et les écorces qui ne leur semblent pas propres à être mises dans le commerce, doivent être rejetées et publiquement brûlées.

« L'habitude du goût et de la vue ont été pendant longtemps les seuls moyens de reconnaître la qualité du quinquina. M. Séguin a employé, pour arriver à ce but, les réactifs chimiques, et il a reconnu dans le principe fébrifuge du quinquina des caractères très-tranchants : il précipite la dissolution de tan, et ne précipite pas les dissolutions de gélatine et de sulfate de fer. Tout quinquina qui n'a point ces caractères est mélangé, ou ne contient pas de principe fébrifuge.

« M. Alphonse Leroy, ancien professeur à l'École de médecine de Paris, a trouvé en France un quinquina rouge qui a, dit-il, toutes les propriétés, tous les principes, toutes les vertus médicales et chimiques du meilleur quinquina du Pérou. Il en extrait, par l'esprit de vin, une quintessence, qu'on peut appeler, quand elle est desséchée, *sel essentiel.* Ce médecin a obtenu de son emploi, ajoute-t-il, les meilleurs *résultats.* »

R

RABOTER (MACHINE A). — L'adoption dans les ateliers de la machine à raboter, est la base des plus grands progrès accomplis depuis quelques années dans l'art de la construction des machines, en permettant d'obtenir avec une grande facilité des surfaces plates de toutes dimensions, sans autre dépense qu'une facile surveillance et le repassage du ciseau d'acier qui fait le travail. Les machines à raboter ou à planer peuvent être divisées en deux classes : 1° celles dont l'outil se meut dans un plan horizontal, tandis que la pièce à raboter est rendue fixe pendant le travail ; 2° celles dans lesquelles la pièce à dresser est mobile, tandis que l'outil est fixe. Les machines du premier système n'ont été construites que dans ces derniers temps, en France ; les secondes ont été importées d'Angleterre, où elles sont toujours généralement préférées, parce que l'on y pense que les outils mobiles ne permettent pas d'atteindre une précision égale à celle obtenue à l'aide d'outils fixes. Cette crainte peut être fondée pour des machines de faibles dimensions, mais n'est pas à craindre pour les très-grandes machines pour lesquelles le chariot porte-outil est d'un poids considérable. Dans ce cas, ces machines sont évidemment les plus avantageuses. Elles ne prennent pas plus de longueur que la pièce à raboter, et il est évidemment plus simple de faire mouvoir le porte-outil que des pièces de plus de 10,000 kil., comme on a quelquefois besoin de le faire.

Nous renverrons à la publication industrielle de M. Armengaud ceux de nos lecteurs qui désireraient une description détaillée d'une fort belle machine de ce genre, construite par M. Cavé. Parmi plusieurs dispositions ingénieuses, celle du changement de direction du porte-outil est surtout remarquable par sa simplicité. Nous en donnerons l'idée en quelques mots, qui feront comprendre l'ensemble de la machine : la courroie partant de l'arbre de couche et passant sur deux poulies placées aux extrémités de la machine, entraîne en se croisant deux poulies placées sur le côté du porte-outil, en les faisant tourner en sens inverse. Des pignons placés sur les axes de ces poulies engrènent avec une roue dentée, qui, engrenant elle-même avec une crémaillère, fait avancer le train. Il suffit donc de faire agir successivement chaque pignon pour que le train se meuve successivement dans chaque sens. C'est à quoi l'on parvient à l'aide de deux embrayages portés sur un levier, que fait mouvoir une barre qui rencontre des taquets placés sur le bâti de la machine. A chaque extrémité du mouvement le pignon moteur devient fou ; l'autre qui était fou agit, et le porte-outil se meut en sens inverse.

Le mouvement transversal de l'outil, qui se meut à l'aide d'une forte vis, s'obtient en munissant la tête de cette vis d'une étoile qui tourne par la rencontre d'une de ses branches avec un arrêt, quand le train arrive à l'extrémité de sa course.

Les machines du second système sont établies sur les bases suivantes : la pièce à dresser, montée sur un chariot horizontal, est transportée en avant ou en arrière du porte-outil. Dans les premières machines importées en France, la vitesse était la même pour l'aller et le retour, mais la pièce n'était attaquée par l'outil que dans un sens et elle revenait sans être rabotée ; il en ré-

sultait une perte de temps considérable quand la pièce était d'une grande longueur. On a cherché à remédier à cet inconvénient, soit en appliquant à la machine deux outils qui agissent en sens contraire, dont l'un dégrossit la surface à dresser et l'autre la termine, disposition d'outils qui demande beaucoup de soins et d'attention de la part de l'ouvrier, soit en faisant revenir la pièce avec une vitesse beaucoup plus grande que lorsqu'elle se présente à l'action de l'outil. Mais ces dispositions ne sont que des améliorations insuffisantes, tout à fait abandonnées depuis le perfectionnement apporté à ces machines par l'invention du système dû à M. Withworth, célèbre constructeur anglais, qui permet de faire travailler le même outil constamment, que la pièce avance dans un sens ou dans l'autre. A chaque extrémité de la course, l'outil décrit une demi-révolution exacte sur lui-même, en s'avançant transversalement d'une certaine quantité.

Nous renverrons encore à la publication de M. Armengaud pour la description complète de ces machines, qui ne peuvent être comprises d'une manière tout à fait satisfaisante qu'avec des dessins complets. Nous nous contenterons de donner idée, en quelques mots, de l'ingénieux système à l'aide duquel on fait tourner l'outil : l'outil, en forme de crochet de tourneur, est monté à l'aide de quatre vis dans un cylindre placé lui-même à frottement doux dans un autre cylindre parfaitement alésé. Dans ce second cylindre est une rainure dans laquelle pénètre l'extrémité rectangulaire d'une tige, qui prend un mouvement de va ou de vient à chaque changement de direction du train. Or, cette extrémité entre dans une demi-hélice creusée dans le cylindre porte-outil, et, par son mouvement, détermine donc une demi-révolution qui sert à ramener l'outil à sa position primitive à l'oscillation suivante (1).

RÉFLECTEUR DIURNE. — Pour faire apprécier cet utile instrument nous ne croyons pouvoir mieux faire que de transcrire ici le rapport fait par M. Benoît à la *Société d'encouragement* sur un appareil réflecteur de l'invention de M. Troupeau. (*Voir* le *Bulletin* de décembre 1851.)

« Messieurs, M. Troupeau vous ayant soumis ses appareils réflecteurs, vous les avez renvoyés à l'examen du Comité des arts économiques, qui m'a chargé de vous en rendre compte ainsi qu'il suit :

« Comme l'air, le jour est nécessaire à nos habitations, à nos établissements publics et particuliers. La lumière factice, indépendamment de ce qu'elle a de moins commode, est toujours plus ou moins dispendieuse, et l'on a dû chercher à faire pénétrer la lumière du jour dans tous les endroits qui en étaient naturellement privés, et où il n'était pas complétement impossible de la faire parvenir. Dans une de vos séances de cette année, M. Rouget de Lisle vous a rappelé des essais de ce genre faits à l'aide de glaces, et mentionnés dans l'article Appartements du *Dictionnaire de l'Industrie*, publié, en 1795, par une société de gens de lettres, article qui a été reproduit dans votre *Bulletin* de juin dernier, p. 354. Mais les glaces sont toujours assez coûteuses et fragiles, et l'on a dû naturellement chercher à y suppléer au moyen des surfaces métalliques. Tel a d'abord été l'objet d'un brevet pris, en 1844, par M. Jacquesson, pour l'éclairage de ses magnifiques caves à vins de Champagne, à Châlons-sur-Marne (département de la Marne), comme le fait voir la description qui en a été également donnée dans le *Bulletin* précité. Une application analogue a été faite depuis longtemps aux docks des Indes occidentales, à Londres, et l'on ne peut que s'étonner que cela n'ait pas eu lieu plus généralement, soit dans ces docks, soit dans nos entrepôts de matières combustibles ou inflammables, etc. Il restait surtout à faire cette application d'une manière générale à nos habitations, aux usines, etc.; tel est l'objet des *réflecteurs* de M. Troupeau.

« Ils ont pour but, comme l'exprime son prospectus : « 1° de procurer du jour dans « des localités (passages, escaliers, arrière-« boutiques et autres) qui ne sont pas éclairés « directement, ou qui ne le sont que d'une « manière insuffisante, et de rendre ainsi « avantageuses, utilisables des localités d'un « usage impropre ou nul; 2° de projeter la « lumière des appareils d'éclairage et d'en « multiplier les effets; 3° de diminuer, dans « l'un et l'autre cas, les frais d'éclairage, les « chances d'incendie, le taux des primes « d'assurance; 4° d'augmenter la valeur loca-« tive, et, par suite, la valeur capitale des « propriétés. »

« M. Troupeau fait observer avec raison que ces avantages sont d'un grand prix dans la capitale et dans d'autres villes où la cherté des terrains a porté à diminuer les cours et, en général, les espaces vides, et à établir des escaliers, des passages, etc., sans éclairage direct et suffisant.

« Ces appareils consistent généralement en planchettes de dimensions et de proportions variables suivant les besoins, recouvertes : 1° d'une feuille de cuivre argenté ou plaqué, inoxydable en elle-même; 2° d'une feuille de verre d'un nettoyage facile. Placées à environ 45 degrés d'inclinaison, ces planchettes peuvent, en outre, être articulées en une ou plusieurs parties, de façon à renvoyer la lumière dans telle ou telle direction jugée la plus nécessaire. Ces appareils sont dès à présent en usage à Paris, dans un grand nombre de maisons, d'usines, d'administrations, etc., où l'utilité et la convenance en ont été appréciées, ainsi que plusieurs membres de votre comité l'ont reconnu. Nous citerons principalement les ateliers de l'imprimerie Dupont, établis à l'ancien *Hôtel des Fermes*, dans un étage souterrain où l'on se servait habituellement d'un grand nombre de lampes, qui, presque

(1) Cet intéressant article est emprunté au *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

toutes, ont pu être supprimées, grâce à l'emploi habilement combiné des réflecteurs.

« Dans l'état actuel de cette fabrication, ces appareils sont livrés à raison de 1 fr. le décimètre carré (10 centim. sur 10 centim.), et tout doit faire espérer que ce prix deviendrait susceptible d'une certaine diminution, si, comme on doit le penser, le succès de ces appareils va croissant.

« En résumé, considérant de quel avantage l'emploi de ces appareils peut être pour la commodité d'un grand nombre de nos habitations, de nos usines, etc.,

« Votre Comité des arts économiques a l'honneur de vous proposer : 1° de remercier M. Troupeau de sa communication; 2° de l'engager à persévérer dans l'étude et l'application de ses appareils, et à y apporter tous les perfectionnements, toutes les améliorations dont ils pourraient être susceptibles; 3° de faire connaître ces appareils par l'impression du présent rapport dans le *Bulletin de la Société*, accompagné d'une planche qui en donne la représentation. »

RÈGLES PANTOGRAPHES. — Nous ne croyons pouvoir mieux faire, pour donner une idée de cet utile instrument, que de citer le rapport fait à la *Société d'encouragement* par M. Benoît, au nom du Comité des arts mécaniques, sur les *règles pantographes* présentées par M. Portaut.

« Tout procédé simple, ayant pour objet de faciliter soit la réduction, soit l'amplification des dessins géométriques, même par points, peut rendre des services à certaines branches d'industrie, pour lesquelles l'art du dessin est utilisé. Les règles pantographes que M. Portaut a soumises à l'appréciation de la *Société*, bien qu'ayant pour but principal la réduction et l'amplication des plans topographiques, sont dans ce cas. Aussi, le Comité des arts mécaniques, que vous avez chargé de l'examen de ces instruments, m'a-t-il désigné pour rédiger en son nom le rapport dont je vais avoir l'honneur de vous donner lecture.

« On sait que lorsque deux polygones semblables sont posés sur un même plan de manière à ce que leurs côtés homologues soient parallèles entre eux, ce qui peut être réalisé de deux manières, les droites indéfinies que l'on imagine pour joindre les sommets de l'une de ces figures au sommet homologue de l'autre, concourant à un certain point unique que l'on a désigné sous le nom de *centre de similitude*. On sait que, selon la position relative *directe ou inverse*, les deux polygones soit qu'ils ne se superposent en aucun de leurs points, soit qu'ils aient un point de contact, ce centre se place ou au delà du plus petit ou dans l'intervalle qui les sépare l'un de l'autre. On sait enfin que les distances, soit du centre de similitude directe, soit du centre de similitude inverse au sommet homologue de deux polygones semblables concédés, sont toujours proportionnelles aux longueurs des deux côtés homologues de ces figures.

« Tels sont les principes que M. Portaut a voulu matérialiser par des *règles pantographes*, destinées à obtenir sans calcul, sans *compas de proportion, sans compas de réduction*, et surtout sans pantographe, dont le prix est plus ou moins élevé, un polygone semblable à un autre polygone donné et dans un rapport de grandeur voulue. Ce rapport étant connu, M. Portaut trace sur le biseau d'une règle et à partir d'un même point destiné à lui servir de pivot, deux séries de deux divisions égales dans chaque série et observant le même rapport de grandeur que les côtés de polygones doivent offrir. Cela fait, si l'on suppose les deux polygones tracés et placés l'un à côté de l'autre, de manière à ce que leurs côtés homologues soient parallèles, il est clair que si le point du biseau de la règle choisie pour lui servir de pivot, est constamment maintenu sur le centre de similitude des deux polygones, et si la série de petites divisions est tracée et graduée sur toute la partie du biseau qui, pendant le pivotement de la règle, correspondra aux divers points des petits polygones, tandis que les grandes divisions le seront sur la portion du biseau qui dans la même circonstance passera sur les divers points des grands polygones, il est évident que lorsque le bord de la règle effleurera deux points homologues des deux polygones, les graduations des divisions correspondantes à ces points dans les deux séries seront toujours les mêmes.

« Si donc un de ces polygones est donné, et qu'il faille tracer l'autre, il suffira d'aligner le bord de la règle sur ses sommets, successivement décrire sur le biseau le nombre de divisions qui séparent chacun d'eux du centre de similitude, et de pointer, sur le papier disposé pour recevoir le polygone à tracer, le point de la même rive de la règle portant la même graduation dans l'autre sens de division. Ce point décalqué sera le sommet du polygone à tracer homologue de celui du polygone donné sur lequel le bord de la règle aura été aligné. Cette opération étant répétée pour tous les sommets du polygone donné, il ne restera plus qu'à joindre par des droites les points obtenus correspondant aux extrémités des divers côtés du polygone à imiter, et l'on aura ainsi dessiné le polygone semblable demandé.

« Il est manifeste, dans le *cas où la similitude est directe, le centre* laissant les deux polygones du même côté, toute la partie du biseau de la règle aboutissant au point de pivotement auquel l'origine des graduations est placée, et qui ne passe pas sur le petit polygone, peut être dénuée de divisions et de graduations, que la série de petites divisions doit occuper toute la partie du biseau de la règle qui passe sur le petit polygone, et enfin que la partie suivante du même biseau qui correspond aux divers points du grand polygone doit porter la série de grande division.

« Dans *le cas pour lequel la similitude est inverse*, le centre se place entre les deux

polygones; alors les deux séries de divisions, au lieu d'être placées sur le biseau de la règle du même côté du point de la rive choisie pour lui servir de pivotement, doivent être situées à l'opposé l'une de l'autre et graduées dans des sens contraires à partir de ce point.

« Les règles que M. Portaut désigne sous le numéro 1 servent pour le premier cas, et ne peuvent être employées que lorsque les côtés des polygones semblables doivent être dans le rapport de 10 à 1,5 ou à 3, à moins que ces signes ne soient de petites dimensions; car, pour opérer sur des polygones ayant leurs côtés dans le rapport de 10 à 8, il faudrait, par exemple, une règle et une table de 5 mètres de longueur, si le grand polygone occupait seulement la superficie d'un mètre carré.

« Les règles à employer dans le second cas sont désignées par M. Portaut sous le numéro 2. Il est manifeste qu'elles ne doivent avoir pour longueur totale que la somme des deux plus grandes dimensions que les deux polygones peuvent offrir, quand on a rapproché les uns des autres leurs points correspondants à leurs plus petites dimensions. Mille circonstances permettent d'utiliser ces règles avec avantage, quel que doive être le rapport des côtés des deux polygones semblables; toutefois la dénomination *de règles pantographes*, donnée par M. Portaut à ses règles pivotantes, paraîtra peut-être ambitieuse, puisqu'il est vrai que pour *chaque rapport voulu entre les longueurs des côtés des deux polygones, il faut se servir d'une règle spéciale;* les dessinateurs devront donc avoir un assortiment de règles pivotantes; et, quelque nombreux qu'ils soient, ils ne pourraient pas en déduire les réductions ou les amplifications à jour dans les proportions intermédiaires, outre celles que les règles de l'assortiment emportent, tandis que le même pantographe sert à réduire ou à amplifier un dessin dans toutes les proportions imaginables, problème à la solution duquel le compas de proportion et celui de réduction peuvent être aussi appliqués dans tous les cas. « Cependant, comme les règles pivotantes dont il s'agit sont d'un service fort simple, comme chacun peut les utiliser pour son usage c'est-à-dire les diviser, les graduer, et y fixer, au moyen de vis à bois ou autrement, la douille de pivotement ou lame mince de cuivre percée d'un petit trou, donnant passage à un axe de pivotement en forme de piquoir pour arrêter la règle sur la table ou sur le carton où sont collés le dessin original et la feuille de papier qui doit en recevoir la copie réduite ou amplifiée, votre Comité des arts mécaniques vous propose de remercier M. Portaut de sa communication, et de faire insérer dans le *Bulletin* le présent rapport accompagné d'un dessin représentant les deux règles que ce géomètre du cadastre a mis sous les yeux de la *Société*.

« *Signé* Benoit, rapporteur. »

Rapport fait par M. Le chatellier au nom du Comité des arts mécaniques sur le maréographe *de M. Chazallon construit par M. Wagner.*

« L'appareil soumis à la *Société d'encouragement* a été appliqué par M. Chazallon, ingénieur hydrographe, à l'étude des phénomènes des *marées*. Sans entrer à ce sujet dans des détails d'un intérêt exclusivement scientifique, le Comité des arts mécaniques doit rendre compte à la *Société* de l'heureuse application qui a été faite par ce savant ingénieur des moyens mécaniques destinés à enregistrer par le tracé d'un *diagramme* les observations des phénomènes naturels à la nature des marées, et que M. Wagner neveu a réalisée sur ses indications par la construction de plusieurs appareils. Le phénomène des marées présente de très-grandes variations; la grandeur de la marée varie de 20 mètres à 1 mètre suivant les localités: tantôt elle atteint rapidement et perd avec une égale rapidité son niveau le plus élevé; tantôt elle se soutient pendant longtemps à une grande hauteur. Les ondes principales sont les compagnes d'ondes intermédiaires séparées par des intervalles très-différents. Il y a donc là un phénomène très-complet et très-variable, qui se complique par l'agitation superficielle de la mer, qu'il importe d'observer d'une manière très-exacte, soit au point de vue de la mécanique céleste, soit au point de vue des travaux hydrauliques à exécuter à la mer, soit pour la navigation aux abords des côtes et à l'entrée des ports.

« Il y a longtemps déjà qu'on a songé à employer des moyens mécaniques pour les observations des marées. A l'époque du creusement des bassins de Cherbourg, on disposa un flotteur dans un puits communiquant avec la mer dans un canot étroit et dans l'intérieur duquel l'eau avait perdu son agitation superficielle; on fit agir ce flotteur sur une sorte de compteur dont les aiguilles indiquaient à un instant quelconque la hauteur de la mer, et qui laissait, au moyen d'un petit index, la marque des indications *maxima* et *minima*.

« Vers 1833, un ingénieur anglais construisit un système analogue; mais, au moyen d'un petit cylindre mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie, on avait sur la surface du cylindre la courbe des marées tracée par un crayon et réduite à un vingtième. M. Chazallon a conçu et M. Wagner, sur les indications de M. Chazallon, a réalisé sur un principe analogue un mécanisme très-complet, qui permet d'enregistrer avec une netteté très-remarquable tous les détails du mouvement de la mer. Cet appareil fonctionne depuis plusieurs années dans nos principaux ports. L'appareil se compose: 1° d'un cylindre horizontal en métal recouvert en drap et sur lequel on enroule une feuille de papier bien tendue; 2° d'un mécanisme d'horlogerie qui fait tourner le cylindre; 3° d'une forte règle correspondant à la règle supérieure et sur laquelle roule un chariot; 4° du chariot indiqué ci-dessus qui

porte le style traceur (ce style est une pointe sèche rigide dans le sens horizontal, qui presse sur une bande de papier à décalquer) 5° d'un flotteur placé dans un puits de marée; 6° de deux poulies dont l'une reçoit le fil auquel est suspendu le flotteur et dont l'autre, réduite dans le rapport de 10 à 1, supporte un fil qui fait courir le chariot sur son support. On obtient ainsi des courbes dont les *abscisses* sont proportionnelles au temps, et les ordonnées proportionnelles à la hauteur de la marée.

« Il serait impossible, dans une description orale, de rendre compte de tous les détails et l'agencement du mécanisme qui, présente des dispositions très-bien combinées. » — *Voy.* DIAGRAPHE. — *Voy.* aussi PANTOGRAPHE.

RESSORTS EN CAOUTCHOUC. — M. Gaignau, représentant de M. Ch. de Bergué, rue Notre-Dame-des-Victoires, 38, a soumis à l'examen de la *Société d'encouragement* un système de ressorts en caoutchouc appliqué au véhicule qui circule sur les chemins de fer. Ces appareils sont fabriqués au moyen du caoutchouc vulcanisé, préparation connue depuis quelques années en Angleterre et en France où elle a été introduite par M. Goodyears, Américain. Ces ressorts rendent d'éminents services à l'industrie des chemins de fer, et leur emploi devient maintenant général.

Le caoutchouc vulcanisé se prépare en mélangeant deux parties de caoutchouc ordinaire en dissolution dans l'huile essentielle recueillie dans la fabrication du gaz avec 1 partie de fleur de soufre ; on forme une pâte consistante que l'on moud dans les formes que l'on veut donner aux objets et que l'on fait recuire dans une étuve à la température de 120 à 130°. Le produit ainsi obtenu jouit de propriétés remarquables; il conserve sa consistance et son élasticité dans toutes les conditions de température atmosphérique et même à des températures relativement très-élevées au delà de 100 jusque vers 150°.

Les ressorts de wagon en caoutchouc vulcanisé se composent de plusieurs rondelettes d'égales dimensions, enfilées sur la tige du tampon ou de la barre de traction et séparées par des plaques de tôle. Tout ce système est enfermé dans une boîte en fonte d'un diamètre assez grand pour que les rondelettes en s'aplatissant ne viennent pas presser contre les parois.

On a également appliqué ce système de ressorts à la suspension des caisses de voitures sur les boîtes à caisse; mais il convient surtout pour les tampons de choc et pour les barres d'attelage. Deux années au moins d'essais sur diverses lignes sur une très-large échelle ont fait apprécier la durée de ces ressorts et démontré la convenance de leur application générale. L'avantage résulte à la fois de l'économie des frais de premier établissement et de l'économie des frais d'entretien.

M. Ch. de Bergué a établi en dernier lieu un modèle de tampons de choc pour les wagons de marchandises et dont le prix est inférieur à deux cents francs par garniture. Il y a tout lieu de croire que son usage pour le matériel de marchandises deviendra général sur nos chemins de fer, où l'on arrivera ainsi, sans surcroît considérable de dépenses, à mettre tout ce matériel dans des conditions d'attelage les plus favorables pour sa propre conservation et celle des marchandises transportées.

Le caoutchouc vulcanisé est susceptible de nombreuses applications dans les arts; on l'a déjà utilisé pour faire des joints de tuyaux et toutes les garnitures qui doivent résister à une pression élevée, pour faire des clapets de pompe, etc. Son prix encore assez élevé peut aller à 17 fr. le kilogramme; il est à désirer que l'accroissement considérable de la consommation et l'extension de nos relations commerciales en fassent diminuer le prix d'une manière notable. (Voir les *Bulletins de la Société d'encouragement*, année 1849.) — *Voy.* CAOUTCHOUC. — *Voy.* aussi GUTTA-PERCHA.

ROMAINE A QUEUE OSCILLANTE. — *Invention.* — *M. Fourché de Paris.* — An XII. — Cette romaine, propre à peser depuis cent jusqu'à neuf cents kilogrammes, sans qu'on soit obligé de la retourner et sans que sa sensibilité soit détruite, est composée d'un fléau ou levier de fer posé sur le champ, ayant deux mètres vingt-cinq centimètres de longueur; il est suspendu dans une chape dans laquelle se prolonge une aiguille placée au-dessus d'un couteau qui sert de point d'appui ou de centre; à cinq cents millimètres de ce couteau est placé celui qui doit recevoir une chape à crochet auquel on suspend les fardeaux; à l'extrémité du grand levier se trouve un autre couteau à la même hauteur que celui de la chape à crochet, destiné à recevoir successivement trois poids supplémentaires, dont l'usage est d'augmenter la pesanteur du bras du levier à mesure qu'on en a besoin pour l'objet que l'on pèse, et le rapport des leviers est d'environ dix-neuf à un. Comme dans une aussi grande longueur du bras de levier la charge qu'il éprouve lui fait prendre une courbure assez forte pour détruire en grande partie la sensibilité qui résulte de la position respective des couteaux, l'auteur a imaginé de mettre une tringle de fer faisant les fonctions d'une corde, qui prend depuis la partie supérieure de l'aiguille, et va se fixer solidement à l'extrémité du grand levier près du couteau extrême; et, pour donner à l'aiguille la force de résister au tirage que cette corde lui ferait éprouver, l'on a adapté, depuis l'extrémité du petit levier jusqu'à la partie supérieure de l'aiguille, à l'endroit où s'attache la corde, une contrefiche en fer, d'une construction assez solide pour s'opposer à l'effet du tirage. Cette corde forme, avec le bout du grand levier, un angle aigu d'environ douze degrés. Le poids curseur destiné à courir le long du levier, dont le poids est d'environ douze kilogrammes 3/10 est garni d'un crochet qui forme un couteau propre à en-

grener les entailles de division du levier; la partie supérieure de ce crochet est garnie de deux petites roulettes de cuivre qui, au moyen d'un mécanisme très-ingénieux, viennent, lorsqu'on en a besoin, s'appuyer sur le levier, enlèvent légèrement le poids curseur au-dessus des divisions, et laissent ensuite la faculté de l'avancer ou de le reculer facilement sans qu'on coure le risque d'endommager aucune des divisions; deux petites alidudes ou index, qui dépassent ces poulies de cuivre, indiquent le moment où le tranchant du couteau est exactement en face d'une des divisions, afin qu'on ne l'y fasse descendre que lorsqu'il est bien vis-à-vis pour ne rien endommager. Les trois poids supplémentaires, dont il a déjà été parlé, pesant chacun 10 kilogrammes $\frac{60}{100}$, sont de forme à peu près pareille; le premier seul a un crochet fait en fourchette, ajusté de manière à pouvoir se mettre aisément sur le couteau extrême du grand levier; les deux autres ont de simples crochets, et peuvent s'accrocher l'un au-dessous de l'autre, leur poids étant égal. Il résulte de ce genre de construction que l'on a une romaine qui se trouve suspendue dans une longue chape, et qui porte une aiguille longue comme on en voit aux balances; que le poids curseur mis à son point de départ fait équilibre à cent kilogrammes de marchandises, et que, porté à l'extrémité du grand levier, il fait équilibre à trois cents kilogrammes, en ramenant le poids curseur à son point de départ; en suspendant le premier poids supplémentaire au couteau extrême, l'on a encore l'équilibre de trois cents kilogrammes. Le poids curseur amené à l'extrémité du grand levier procure équilibre pour cinq cents kilogrammes : on ajoute ensuite le second poids supplémentaire au premier, on ramène le curseur à son point de départ, et l'on a alors l'équilibre de cinq cents kilogrammes.

Le poids curseur ramené de rechef à l'extrémité du grand levier, fait équilibre à sept cents kilogr.; on place le troisième poids supplémentaire, on remet le poids curseur à son point de départ et l'on a le même équilibre de sept cents kilog., qu'on porte jusqu'à neuf cents en poussant le curseur jusqu'à l'extrémité de sa course : d'où il résulte que par une simple addition de poids, on multiplie l'usage de cette romaine au point de pouvoir y faire un plus grand nombre de pesées qu'il serait possible de se procurer, puisque, suivant les constructions usitées, on ne leur faisait que deux points de suspension différents, et que, d'après ce principe, celle dont il est question, au lieu de peser depuis cent jusqu'à neuf cents kilogrammes, n'aurait pu peser que depuis cent jusqu'à quatre ou cinq cents kilogrammes tout au plus, ce genre de construction ne permettant pas de pousser les pesées plus loin que quatre ou cinq fois la première; encore pour cela il aurait fallu y ajouter une chape de suspension de plus, et y faire une seconde échelle de division. La première n'aurait guère marqué que de kilog. en kilog. et la seconde de trois en trois ou de cinq en cinq kilog., au lieu que celle dont il est question indique toutes les pesées depuis la première jusqu'à la dernière par demi-kilog.; ce qui met dans le cas de peser avec une exactitude plus grande qu'on n'a pu le faire jusqu'à présent. — L'auteur a eu dessein de donner à la romaine de son invention la même sensibilité que pourrait avoir une bonne balance de commerce assez forte pour porter le même poids. Avec un instrument de cette espèce, on ne peut faire d'erreur que d'une demi-livre sur trois mille livres, ce qui ne fait pas la six millième partie de la pesée. Pour parer à tous les inconvénients des anciennes romaines, M. Fourché a ajouté à celle-ci un étrier suspendu à une chaîne qui sert à porter la grande branche du levier lorsqu'on décharge le plateau ou le crochet de suspension, et il a marqué sur toutes les pièces essentielles de sa romaine les poids qu'ils doivent peser, afin que, par la suite des temps, la réparation en devienne plus facile, et qu'on puisse d'ailleurs la vérifier aussi souvent qu'on le désire. Il a aussi indiqué le long de son échelle de division, sur trois points différents, les valeurs de son échelle en raison des poids supplémentaires suspendus au bout du levier. Pour ne faire aucune erreur à cet égard, et rendre la manière de compter plus facile, il a réglé la course de son poids curseur de manière à augmenter successivement de deux cents en deux cents pour chaque poids supplémentaire. Cette nouvelle romaine a valu à l'auteur une médaille d'argent. *Société d'encouragement*, an XIII, p. 3, pl. 10, et *Livre d'honneur*, page 179 (1).—*Voy* Balances.

ROUES HYDRAULIQUES. — Les roues

ROTATION DE LA TERRE. *Voy.* Astronomie.

hydrauliques se divisent en deux grandes classes : les roues verticales a axe horizontal et les roues horizontales a axe vertical; nous allons jeter un coup d'œil rapide sur chacune de ces séries.

Roues verticales. — Ces roues comprennent les *roues à auget*, les *roues à palettes planes, se mouvant dans un coursier ou dans un fluide indéfini*, et les *roues à aubes courbes*.

Roues à augets. — Ces roues sont les plus économiques et celles qui rendent le plus d'effets utiles. Aussi sont-elles fréquemment employées, et doivent-elles généralement l'être, de préférence à toute autre roue pour les chutes comprises entre 3 et 12 mètres. On les divise en deux classes suivant qu'elles reçoivent l'eau *au sommet* ou *au-dessous*.

Roues reçevant l'eau au sommet. — Ces roues dites *roues en dessus* sont en fonte, ou le plus souvent en bois; elles consistent en un arbre tournant relié par des bras à une couronne munie d'un fond et de cloisons brisées qui forment les augets. Les joues latérales de la couronne sont en bois ou en fonte, le fond est souvent en tôle ainsi que les augets. La profondeur des augets est gé-

(1) Extrait du *Dictionnaire des découvertes*.

néralement de 0m30, et leur distance, mesurée sur la circonférence de la roue, 0,32, quel que soit le diamètre de la roue; du reste le nombre des augets à employer par rapport au diamètre est donné par le tableau suivant :

Diamètre en mètre.	Nombre de augets.
3.	24
4.	36
5.	44
6.	56
8.	76
10.	96
12.	108

Pour tracer les augets, on marque sur les joues les rayons correspondants aux augets et dont l'écartement est donné par le tableau précédent, et on trace la circonférence moyenne située à égale distance des deux cercles qui limitent la couronne. Les parties des rayons qui seront comprises entre cette circonférence moyenne et la circonférence intérieure de la couronne forment les fonds des augets; on achève le profil de ces derniers en joignant les extrémités des rayons qui se trouvent à la circonférence moyenne, avec chacun des points de division de la circonférence extérieure qui correspondent aux rayons précédents. Lorsque les augets doivent être en tôle, on leur donne la forme d'un arc de cercle normal à la circonférence intérieure et tangent à la circonférence extérieure.

Dans les roues en dessus on doit distinguer deux cas : celui où le niveau est à peu près constant, et celui où il présente d'assez grandes variations. Dans le premier cas, à 1 ou 2 décimètres en contre-bas du niveau, on établit le coursier, auquel on donne une largeur à peu près égale à celle de la roue; à son origine il est évasé de manière à éviter la contraction; et, à l'extrémité de l'évasement, on établit une vanne qui sert à régler l'écoulement de l'eau. Au delà le coursier se dirige en ligne droite vers la roue avec une pente de 1/10e environ : il passe à quelques centimètres seulement au-dessus de son sommet; il se continue encore sur une longueur telle que la lame qu'il mène tombe librement dans le deuxième ou troisième auget à partir du sommet, et en rétrécissant graduellement, de manière à ce que sa largeur, à l'extrémité, soit d'un centimètre environ plus petite que celle des augets. Si le niveau du réservoir est variable, on adapte au fond de ce dernier un coursier fermé par le haut, dont la face supérieure est inclinée, et qui se termine par une base pyramidale, dont l'axe est dirigé de telle sorte que l'eau vienne frapper normalement le fond de l'auget, qui se trouve en face et qui est ordinairement le troisième à partir du sommet. La largeur de l'orifice de la base doit être de 0m05 environ plus faible que celle des augets, et sa hauteur au plus de 0m10. Afin que l'eau contenue dans les augets ne se verse pas trop tôt, on donne à ceux-ci des dimensions telles, qu'en passant sous la lame d'eau ils ne se remplissent qu'au tiers : soit alors Q le volume d'eau sortant du coursier par seconde; M, le nombre d'augets de la section transversale des augets, et T la largeur entre les deux joues, on aura :

$$l = 180 \frac{Q}{MNS}$$

Si on donne aux augets la profondeur et l'équidistance que nous avons indiquées, la valeur de l deviendra :

$$l = 270 \frac{Q}{ND}$$

D, étant le diamètre de la roue.

N, est ordinairement déterminé par la condition que la vitesse à la circonférence soit de 1 mètre à 2m50 par seconde.

Dans les roues à augets qui mettent en mouvement les marteaux des grosses forges, les chocs ne permettant guère d'employer des engrenages, on est obligé de faire faire à ces roues trente ou quarante tours par minute, et de leur imprimer des vitesses à la circonférence de 4 à 5 mètres, ce qui exige des charges d'eau de 1 mètre à 1m20 au moins. En outre, comme le jeu des marteaux est intermittent, on emmagasine l'eau, pendant l'intermittence, dans un réservoir établi un peu en amont, qui livre alors, dans le temps du travail, une force double et même plus de celle du courant naturel; il en résulte que souvent son niveau s'abaisse de 1 à 2 mètres, du commencement à la fin de chaque période de travail. De là vient qu'en plusieurs endroits on voit des roues de 2 mètres de diamètre avec des chutes de 4 mètres.

Roues recevant l'eau au-dessous du sommet. — Les roues en dessus tournent en sens inverse du courant dans le canal de fuite, de sorte que si une cause accidentelle vient à y faire refouler les eaux, il en résultera une résistance notable. On évitera cet inconvénient en changeant le sens des augets et en versant l'eau motrice sur le derrière de la roue, de sorte que celle-ci, se mouvant dans le même sens que le courant de fuite, peut y plonger de quelques décimètres sans qu'il en résulte une perte de force sensible. En outre, comme ces roues dites *roues par derrière*, recevant l'eau en dessous du sommet, mais au-dessus de leur axe, reçoivent souvent un diamètre supérieur à celui de la chute, ce qui est avantageux dans certains cas pour les chutes de 2m50 à 8 mètres. Dans ces roues l'eau est ordinairement versée dans les augets, ou immédiatement par le coursier d'amenée, qui est alors ouvert à son extrémité, ou par une base analogue à celle dont nous avons déjà parlé plus haut.

Lorsque ces roues peuvent être construites et entretenues avec beaucoup de soin, comme le sont les grandes roues en fonte et tôle, on donne aussi l'eau en la laissant déverser tranquillement sur un seuil établi immédiatement au-dessus des augets. La pelle régulatrice, au lieu de se lever comme dans les vannages ordinaires, se baisse, et d'autant plus qu'on veut fournir plus d'eau. Lorsqu'elle est baissée, son bord supérieur constitue le seuil du déversoir; après l'avoir dépassé, l'eau tombe dans une sorte de ratelier ou système d'entonnoirs, qui la dirigent

dans les augets; et, à cet effet, on dispose les grandes palettes de ceux-ci de manière à ce qu'en arrivant vis-à-vis des cloisons du ratelier elles soient dans leur direction, laquelle est généralement verticale.

Le calcul des dimensions de ces roues se fait exactement comme celui des roues précédentes.

La force d'un courant moteur est égale au produit, par la hauteur de chute, de la dépense par seconde, ou par la hauteur de chute, de la dépense par seconde, ou à $Q H$, expression qu'on transformera en chevaux-vapeur, Q étant exprimé en mètres cubes, et H en mètres, en la multipliant par 13 1/3. Ce sera la force motrice : soit E l'effet utile, c'est-à-dire la partie de la force motrice réellement employée par la machine, on aura $E = m\,Q\,H$, m étant un coefficient inférieur à l'unité et variable avec chaque genre de machine.

De cette équation on tirera

$$Q = \frac{E}{m\,H}$$

qui donnera la dépense d'eau, et, par suite, la largeur à donner à une roue hydraulique qui doit produire un effet donné : le diamètre et les autres dimensions de la roue étant déterminés par sa nature et la disposition des jeux.

Pour les roues en dessus ordinaires,	$m = 0,75$
Pour les roues en dessus à grande vitesse, telles que les roues de marteaux de forges,	$m = 0,35$ à $0,55$
Pour les roues de derrière,	$m = 0,70$

Roues à aubes planes contenues dans un coursier rectiligne. — Ces roues, encore très-usitées à cause de leur simplicité, consistent en un arbre tournant, assemblé par des bras ou rayons à deux, ou même trois jantes ou cercles, suivant la largeur de la roue ; sur ces jantes sont implantées de fortes chevilles en bois sur lesquelles on cloue ou on boulonne les aubes ; enfin on ferme souvent une partie de l'intervalle d'une aube à l'autre par des contre-aubes ou planches fixées à plat contre les jantes. L'eau motrice est menée à la roue par un coursier dont les parois touchent presque les aubes, ne laissant que le jeu nécessaire au mouvement ; elle est fournie au coursier par un vannage, dont la pelle se lève à une plus ou moins grande hauteur, selon que l'on veut en donner plus ou moins ; tandis que dans les roues à augets l'eau agit seulement par son poids, ici elle agit seulement par son choc, et, par conséquent, il y a une vitesse de la roue par rapport à celle due à la charge d'eau, qui donne un effet utile maximum, qui a lieu lorsque la vitesse du centre des aubes est les 0m45 de celle de l'eau qui vient les choquer.

Au lieu d'avoir un vannage à angle droit, il vaut mieux l'incliner autant que possible, afin de diminuer les effets dus à la contraction. Immédiatement après la vanne, le coursier se dirige, avec une légère inclinaison, vers la roue; il passe dessous, et il se continue en ligne droite. Sa largeur se détermine par le volume d'eau qu'il doit conduire : l'épaisseur de la lame fluide doit être comprise entre 0m15 à 0m25. Afin de diminuer la perte d'eau qui a lieu entre les parois du coursier et le bord des aubes, on ne donne à cet intervalle que 0m01 à 0m02. Maintenant on ne fait plus guère de coursiers rectilignes. Leur fond ou radier arrive au niveau du bord inférieur de la deuxième aube en amont du diamètre vertical ; là il se courbe concentriquement à la roue jusqu'à l'aplomb de ce diamètre ; puis il baisse subitement de 0m,10 au moins, et se poursuit ensuite avec une pente convenable. Sa largeur, immédiatement avant d'arriver aux aubes, est un peu plus faible que la leur ; elle augmente ensuite et vient embrasser les aubes au delà du diamètre vertical. Par ces dispositions, il n'y a pas de perte d'eau latéralement en amont des aubes et on facilite son dégagement à l'aval. La hauteur des aubes doit être environ le triple de l'épaisseur de la lame d'eau dans le coursier, sans toutefois dépasser 0m,65 ; si cela ne peut avoir lieu, on emploie des contre-aubes. La distance d'une aube à l'autre, mesurée sur la circonférence extérieure de la roue, est un peu moindre que leur hauteur : leur nombre dépend donc du diamètre de la roue, qui lui-même est déterminé le plus ordinairement, de telle sorte que la transmission du mouvement à la partie de la machine qui opère le travail utile, et qui doit en conséquence, avoir une certaine vitesse, s'effectue avec le moins d'engrenages et d'intermédiaires possibles, si toutefois on ne peut se dispenser d'en employer. Lorsque l'on désire seulement avoir le maximum d'effet utile, il faut que les aubes aient une vitesse qui soit les 0m45 de celle de l'eau dans le coursier, ce qui donne pour le diamètre de la roue $\frac{32\sqrt{H}}{N}$: H étant la charge d'eau sur le centre de l'aube verticale, et N le nombre de tours que la roue fait par minute. Des roues de cette espèce en bon état donnent un effet utile de 0m25.

Roues emboîtées dans un coursier circulaire, ou *roues de côté*. — Ces roues ne diffèrent des précédentes qu'en ce que le coursier circulaire embrasse la roue sur la presque totalité de la chute. Il y a presque toujours des contre-aubes. On dispose le vannage de manière à ce que l'eau arrive aussi normalement que possible sur les palettes qu'elle choque. Lorsqu'on le peut, il est préférable d'y faire tomber l'eau en la faisant simplement déverser par-dessus un seuil établi au sommet du coursier. L'eau agit par son poids et son choc à la fois. L'effet utile de ces roues est de 0,40 à 0,50, quand elles reçoivent l'eau par un vannage, et 0,50 à 0,60 environ, quand elles la reçoivent en déversoir.

Roue à aubes emboîtées dans un coursier annulaire, de *M. Mary*. — Cette roue, que M. Mary vient de faire établir aux bassins de Chaillot, est montée sur un axe ho-

rizontal ; elle est formée d'aubes ou palettes elliptiques adaptées à la circonférence d'un cylindre de 0m12 d'épaisseur et de 2m28 de rayon, accompagné de deux disques annulaires ou plans de 0m30 de largeur, perpendiculaires à l'axe et fixés au moyeu par six bras renforcés de nervures et masqués par des feuilles de tôle. On sépare les eaux d'amont de celles d'aval, au moyen de deux plaques de fonte en partie noyées dans la maçonnerie et qui forment, dans la partie inférieure, les lèvres d'un coursier annulaire en ciment romain, calibré avec les palettes elles-mêmes qui s'y emboîtent ainsi très-exactement. Ce coursier se prolonge au delà du plan vertical mené par l'axe de la roue d'une longueur à peu près égale à la moitié de l'intervalle entre deux aubes ; du côté d'amont, il s'évase en entonnoir pour faciliter l'entrée de l'eau qui en couvre ainsi l'orifice et y pénètre, comme elle le ferait dans une conduite placée au fond d'un réservoir. Il résulte de cette disposition que l'eau de la retenue agit sur les palettes par son poids comme elle agirait sur le piston d'un cylindre. Avec des vitesses à la circonférence de 1 mètre à 1m30 cette roue a donné un effet utile de 0,75 à 0,80. Pour diminuer la résistance de l'eau sur les aubes, elles sont taillées en forme de proue par-dessous, et en forme de proue par-dessus. Les difficultés et les frais qu'entraîne l'établissement des roues de ce genre en restreindront considérablement l'emploi, quoiqu'elles donnent des résultats très-satisfaisants.

Les diverses roues à aubes planes dont nous venons de nous occuper ne sont guère employées que pour des chutes de 2m50 et au-dessous.

Roues à aubes courbes. — Ces roues, dues à M. Poncelet, sont accompagnées d'un vannage incliné à un de base sur un ou deux de hauteur, et emboîtées dans leur partie inférieure par une portion très-courte du coursier circulaire et par les bajoyers du canal de fuite. L'eau arrivant à leur partie inférieure monte sans choc le long des aubes, en vertu de la différence entre leur vitesse propre et celle due à la charge d'eau, jusqu'à ce que son mouvement soit détruit par l'action continue de la pesanteur, qui la fait ensuite redescendre et se dégorger dans le canal de fuite. L'effet utile maximum correspond évidemment au cas où elle quittera les aubes avec une vitesse relative égale à la leur, c'est-à-dire avec une vitesse absolue nulle ; cela a lieu pour une vitesse des aubes égale à la moitié de celle due à la charge d'eau : l'effet utile est alors de 0,50 à 0,60.

Avec ces données, l'établissement de ces roues n'offrira aucune difficulté en remarquant que le nombre des aubes sera double de celui que nous avons indiqué pour les roues à aubes planes, et que leur hauteur, mesurée sur un rayon, devra toujours être au-dessus du quart de la chute effective : on lui en donnera le tiers dans les chutes de 1 mètre 40, et a moitié dans celles qui sont au-dessous.

Roues se mouvant dans un fluide indéfini. — Ces roues, dites *roues pendantes*, sont surtout employées dans les moulins à nef, ou moulins sur bateaux, que l'on amarre au milieu des rivières. Le diamètre de ces roues est de 4 à 5 mètres ; on donne aux aubes le quart ou cinquième du rayon de la roue, et une largeur de 2 à 3 mètres ; elles sont le plus souvent planes et dirigées suivant les rayons ; en les inclinant un peu, on augmente leur effet. Dans des roues pendantes bien établies, l'effet utile est de 0,30 à 0,32 (*Voy.* BATIMENTS A VAPEUR), et même plus.

ROUES HORIZONTALES. — Depuis longtemps on emploie, dans le midi de la France, des *roues horizontales* dans les moulins. Ces roues ont l'avantage de réduire ceux-ci à leur plus simple expression : le même arbre porte la roue à sa partie inférieure. Cet arbre tourne sur pivot dans une crapaudine enchaînée au milieu d'un palier que l'on élève ou baisse à volonté, suivant que l'on veut augmenter ou diminuer l'intervalle entre la meule tournante et la meule gisante. Ces roues ont été depuis perfectionnées par MM. Burdin, Fourneyron, etc., et ont donné les TURBINES.

Roues mues par le choc d'une veine isolée. — Ces roues sont très-communes dans les pays de montagnes où elles portent le nom de roues à trompe ou à cannelle, parce que l'eau est lancée sur les aubes, soit par une trompe ou buse pyramidale peu inclinée, soit par une cannelle ou auge inclinée de 20 à 45°. Elles ont de faibles dimensions, de 1m60 environ de diamètre et 0m20 de hauteur ; les aubes ou cuillères n'ont que 0m40 de longueur dans le sens du rayon, et sont concaves et à surface gauche du côté où elles reçoivent l'eau, qui n'agit guère sur elles que par le choc dû à une vitesse acquise de 7 à 8 mètres et même plus : avec une vitesse de 110 tours par minute, l'effet utile de ces roues est de 0,30 à 0,31.

Roues placées dans une cuve. — Les roues à cannelles sont principalement employées pour de petits cours d'eau et de grandes chutes ; mais, sur les rivières où l'on a beaucoup d'eau et peu de chute, on emploie des roues à cuve. Celles-ci n'ont d'ordinaire que 1 mètre de diamètre et 0m20 de hauteur ; elles portent neuf aubes en bois, ayant à peu près la même forme que celles des roues à trompe. La cuve a généralement 1m02 de diamètre et 2 mètres de profondeur ; la roue y est placée presque au fond. On ménage dans la maçonnerie, au-dessus du niveau de la roue, une entaille dont l'une des parois est tangente à la paroi inférieure de la cuve, et qui n'a plus que 0m22 de large lorsqu'elle y débouche : cette entaille sert de coursier d'amenée. L'eau motrice, après avoir passé sous la vanne qui est à l'entrée du coursier, se porte, avec rapidité, sur la partie adjacente de la paroi cylindrique de la cuve ; elle s'y applique, s'y élève d'abord

fortement; puis, en en suivant le pourtour et en tournoyant ainsi, elle descend et atteint les aubes sur lesquelles elle agit par son impulsion et par son poids, et qu'elle entraîne dans son tournoiement. Dans ces roues une grande partie de l'eau passe, en vertu de la force centrifuge, entre la cuve et la roue, dans l'intervalle que nécessite le jeu de la machine, aussi ne rendent-elles que 0m10 à 0m16 d'effet utile. Actuellement on place la roue immédiatement au-dessous de la cuve, en lui donnant un diamètre un peu supérieur; de sorte que presque toute l'eau motrice arrive sur les aubes. Quoiqu'elle y agisse après avoir perdu une partie de sa vitesse, cette disposition double presque l'effet utile, qui atteint 0m20 à 0m25.

Turbine Fourneyron. — Dans la turbine dont il s'agit, l'auteur, au lieu de mettre, comme aux moulins à cuve, la roue dans un cylindre, l'a placée en dehors. Pareille à un anneau, elle en entoure la partie inférieure, en laissant un faible jeu pour le mouvement : cette partie est munie de cloisons directrices fixes qui dirigent l'eau sur les aubes courbes de la roue, dont l'axe traverse le cylindre alimentaire dans un fourneau placé à son centre. On peut admettre que l'effet utile de ces turbines est de 0,60 et même quelquefois plus. Elles conviennent particulièrement à de fortes chutes, ou à des chutes au-dessous de 3 mètres avec un grand volume d'eau; elles fonctionnent aussi bien quand elles sont noyées que quand elles ne le sont pas.

On calcule le diamètre du cylindre par la formule :

$$D=\sqrt{\frac{5,5\,Q}{V}}$$

Q étant le volume d'eau à dépenser par seconde et *V* la vitesse due à la charge d'eau, le diamètre intérieur de la roue est d'environ 0m,04 plus grand, et le diamètre extérieur les 4/3 du précédent; la hauteur de la roue se calcule d'après cela de telle sorte qu'elle puisse débiter la quantité d'eau qu'elle reçoit. Lorsque cette quantité d'eau diminue, M. Fourneyron diminue l'ouverture des cloisons directrices par un vannage vertical; mais, comme l'a fait remarquer M. Combes dans un travail remarquable sur les roues à réaction, présenté à l'Institut, ce vannage est peu convenable, parce qu'il devrait en même temps diminuer la hauteur des aubes de la roue.

M. Combes et quelques autres ingénieurs ont supprimé le cylindre supérieur et font arriver l'eau en dessous, disposition qui simplifie les turbines, et peut être employée avec avantage dans beaucoup de cas. Ces deux modifications résument les changements principaux apportés par divers constructeurs aux turbines. Dans ces diverses turbines l'eau agit par sa surface centrifuge.

La *turbine Kœchlin* est une turbine à aubes hélicoïdales et analogues aux propulseurs à hélices (*Voy.* Batiments a vapeur), à directrices verticales : selon l'auteur elle peut être disposée en un point quelconque de la chute, la pression sur l'une des faces des aubes et l'aspiration qui se produit sur l'autre face s'ajoutant pour produire un effet utile constant; cette assertion peut être sensiblement exacte dans des limites très-rapprochées, mais nous nous permettrons de douter qu'on puisse l'adopter telle que l'auteur la présente.

La *turbine Passot* est, non plus une turbine, mais une roue à réaction, dans laquelle l'eau arrive par l'extérieur et s'écoule par le centre, disposition fautive, puisque la force centrifuge vient détruire une partie de la vitesse du courant, d'autant plus grande que la vitesse de rotation est plus considérable; aussi, une expertise très-soignée, faite dernièrement sur ces turbines, n'a donné pour maximum d'effet utile que 0,25, ce qui doit en faire rejeter l'emploi. Ces turbines ont, du reste, un vannage très-convenable fondé sur le principe posé par M. Combes.

Turbine Thomas. — Pour de très-fortes chutes, les turbines ordinaires se réduisent à des dimensions tellement exiguës et tournent avec une vitesse si considérable, qu'il en résulte une perte de force notable par les engrenages qu'il faut employer. M. Thomas, ingénieur des mines hessois, a imaginé, dans ce cas, d'employer des turbines dans lesquelles l'eau arrive en dessous, et qui ne reçoivent l'eau que sur un ou plusieurs points de leur circonférence: ce qui permet d'augmenter considérablement leur diamètre et de leur faire prendre une faible vitesse. Ainsi la turbine, établie à Veckerhagen par ce constructeur, a 1,20 de diamètre, et fait 160 tours par minute sous une chute de 20 mètres; on ouvre 1, 2, 3 ou 4 des ajustages qui amènent l'eau sur les aubes, selon que l'effort à surmonter est plus ou moins considérable, et de cette manière l'effet utile ne change pas notablement pour des dépenses d'eau variables du simple au quadruple. Il diminue, au contraire, très-rapidement, si on ouvre un ou plusieurs nouveaux ajustages sans augmenter la quantité d'eau alimentaire; l'eau arrive par le canal *a*, dans le tambour fixe en fonte *A*, d'où elle sort par les ajustages *b*, garnis de robinets *c*, que l'on manœuvre au moyen des tiges *d*, et vient frapper les aubes *m*, de roue *B*, qui est portée par quatre bras *k*, montés sur l'arbre *h*, tournant dans la crapaudine *f*, venue à la fonte avec la partie supérieure du tambour *A*; *e*, est une ouverture formée par une plaque qui sert à nettoyer l'intérieur du tambour. L'expérience a montré à M. Thomas qu'il était convenable d'évaser les aubes.

Roues à couloirs. — M. Burdin a aussi, antérieurement aux turbines précitées, construit des roues horizontales à aubes courbes; il a aussi composé ses machines de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile; mais, au lieu de les placer concentriquement

l'une à l'autre, il a mis la seconde au-dessus de la première, en leur donnant à chacune la moitié de la chute totale. (Voyez *Annales des Mines*, 2e série, 1828, et 3e série, tome III, 1833.)

Nous citerons encore la roue à couloirs sur noyau conique, dite *roue à poire*. — Cette roue est une espèce de tambour ayant la figure d'un cône renversé et qui tourne dans une cuve de maçonnerie faite exprès. Les aubes sont appliquées obliquement sur la surface du tambour où elles forment des portions de spirale. Ces aubes ainsi disposées obligent la roue à tourner avec une extrême vitesse. Il vaudrait mieux entourer les aubes de cette roue d'une enveloppe concentrique à la surface du noyau, on aurait alors une véritable *danaïde*. Généralement les *danaïdes* consistent en une cuve à cloisons intérieures, ordinairement planes et verticales, contre lesquelles arrive l'eau sous une faible inclinaison et tangentiellement à la surface inférieure de la cuve. M. Manoury d'Ectot paraît en être l'inventeur; mais sa machine n'a jamais été exécutée en grand. Il n'en est pas de même de la danaïde de M. Burdin (Voir *Annales des Mines* de 1836). Enfin, M. Combes, en reprenant cette question dans le mémoire déjà cité sur les roues à réaction, a établi les relations entre les dimensions qu'il convenait de leur donner pour obtenir le maximum d'effet utile.

Roues à réaction. — Quoique la plupart des turbines et autres roues soient de véritables roues à réaction, nous ne donnerons ce nom qu'aux machines entièrement mobiles, dans lesquelles l'eau qui y est contenue et qui en sort avec un certain effort dû à la hauteur de chute, réagit sur les parties de la machine opposées aux orifices de sortie, en y exerçant un effort égal du précédent et de sens contraire, par suite duquel elle contraint ces parties au recul, et donne ainsi lieu au mouvement de rotation. Parmi ces machines, nous ne citerons que celle de Seyner, modifiée d'abord par Euler, puis par M. Manoury d'Ectot. Elle se compose de deux tubes au plus, renflés dans le milieu, qui sont courbés en ∞, et qui sont assemblés et maintenus par des barres de fer. L'eau motrice leur est amenée par un gros tuyau vertical, qui se recourbe horizontalement et passe sous le volant, se relève verticalement, et vient aboutir au centre commun. Il paraîtrait, d'après les essais faits à la pompe à feu de Chaillot, où M. Lefort a établi une roue de ce genre, qu'il suffit d'une simple garniture en étoupes pour tenir étanche la jonction de la partie immobile du tuyau, avec la partie mobile, le volant (1).

ROUGE. — Le *minium* ou *rouge de Saturne*, à tort *mine-orange*, est un composé de peroxyde et de protoxyde de plomb. Il est d'un rouge assez éclatant que l'on ravive encore chimiquement en faisant digérer à plusieurs reprises le minium brut avec de l'acétate de plomb.

La *mine orange*, au contraire, se prépare en faisant calciner de la belle céruse : elle offre une teinte plus claire et plus brillante que le minium. Ces deux couleurs sont souvent mélangées avec du *colcothar* (oxyde rouge de fer), ou de la brique pilée ; mais on s'en aperçoit facilement en chauffant ces couleurs dans une cuiller de fer. Le minium devient d'un jaune homogène s'il est pur, et la brique ou le colcothar conservent leur couleur primitive. On analyse au besoin le minium par l'acide hydrochlorique concentré, le plomb et le fer se dissolvent, et la brique reste. On évapore la dissolution à siccité, et on reprend par l'alcool, qui ne dissout que le chlorure de fer. Cette couleur ne vaut rien pour la peinture à l'huile, car elle noircit beaucoup, et fait également noircir les cinabres.

Le *cinabre* ou *vermillon français* (deuto-sulfure de mercure) est d'une couleur rouge violet très-vive. Il se vend en poudre très-fine et produit des teintes lumineuses en le mêlant de blanc et d'ocre jaune clair, etc. Le cinabre est souvent falsifié par du minium, du colcothar, de la brique pilée, du sang-dragon, de l'orpin rouge ou réalgar (sulfure d'arsenic). M. Dumas dit qu'on peut reconnaître la présence des trois substances par la distillation. Cependant le minium réagit sur le sulfure de mercure et en décompose une partie; le sang-dragon étant soluble dans l'alcool, on peut le séparer en faisant bouillir le cinabre avec de l'alcool. Le réalgar est plus difficile à reconnaître. On s'assure de la présence de ce corps par l'odeur de la vapeur arsenicale qui se dégage en grillant le cinabre. Pour le doser, il faut traiter le mélange au creuset par du carbonate de soude et un excès de nitre (2).

S

SANGSUES MÉCANIQUES. — Les sangsues prescrites à la chirurgie, dit M. Huzard, sont devenues si chères depuis quelques années, mais cette cherté en fait employer un si grand nombre de mauvaises, c'est-à-dire qui remplissent si imparfaitement les fonctions pour lesquelles on en use, que l'on a cherché à remplacer leur action par un mécanisme. C'est d'un mécanisme de ce genre que vous m'avez chargé de vous rendre compte. Il se compose d'une lancette à deux pointes acculées de manière à opérer sur la peau une piqûre de la forme que produit celle de la sangsue. Cette lancette, pour

(1) Cet article a été inséré par M. P. Debette dans le *Dictionnaire des Arts et manufactures*.

(2) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

pouvoir faire une piqûre instantanée, subite, est mue par un ressort en caoutchouc vulcanisé d'une grande simplicité; il est en même temps facile à remplacer s'il vient à manquer. Pour que la peau soit aisément percée, et pour que les tissus sous-jacents ne soient pas attaqués par la lancette, l'appareil qui porte celle-ci sert en même temps à faire une ventouse qui soulève la peau dans le point où l'on veut faire la piqûre; c'est encore un ressort en caoutchouc vulcanisé, aussi simple que le premier qui remplit cette fonction. Pour comprendre comment il agit, il faut voir fonctionner l'instrument ou au moins en avoir la description et la figure.

L'appareil entier opère donc à la manière d'une ventouse scarifiée; mais cela ne serait pas suffisant; la piqûre une fois faite, il faut qu'elle donne un écoulement de sang: pour arriver à ce nouveau résultat, d'autres petites ventouses sans lancette et confectionnées de la même manière sont appliquées sur la piqûre, et pour peu que la pointe de la lancette ait rencontré quelques vaisseaux, on peut tirer du sang autant qu'on en désire.

Chacune des ventouses est de plus calibrée, en sorte qu'on règle pour ainsi dire à volonté la quantité de sang que l'on obtient; je regrette cependant que pour arriver à ce résultat il faille que la lancette ait trouvé quelques vaisseaux suffisamment forts, mais cela n'arrive pas toujours; en moyenne, pour tirer une quantité de sang assez considérable on est quelquefois obligé de faire un certain nombre de piqûres, il est bon, même, sous le rapport médical de faire plusieurs piqûres. L'inflammation locale qui en résulte agit comme un puissant révulsif de quelque durée et vient souvent aider puissamment aux effets de la saignée elle-même, c'est un des avantages que les sangsues ont sur les saignées.

L'instrument est simple, peu coûteux; sous ce rapport il doit être convenable, mais son emploi n'est pas aussi facile qu'il peut le paraître. D'après ce que je viens de dire, la saignée se compose d'abord de l'application plusieurs fois répétée de la ventouse scarifiée et ensuite de l'application successive de plusieurs ventouses destinées à tirer du sang; tout cela demande du temps et de la dextérité, et aussi une certaine habitude de l'opérateur. Je crois même qu'il est bon qu'il soit aidé, pour qu'on puisse laver les ventouses à mesure qu'elles ont servi une première fois, si on est obligé de les faire servir une seconde; l'inventeur prétend que ce n'est pas nécessaire, que la même ventouse peut servir plusieurs fois sans être lavée. Cette pratique demande du soin et de l'intelligence; je le répète, je pense qu'il faut même que la boîte soit remplie de plusieurs lancettes toujours en bon état, afin que si l'une manque, une autre soit toujours prête; cela augmentera le prix, car la lancette est ce qu'il y a de plus cher. De plus, la lancette jointe à la boîte qui a été déposée à la *Société* n'est pas suffisamment solide et elle a besoin d'être perfectionnée, ce qui est facile du reste; tout cela augmentera bien le prix de l'appareil, mais ne le rendra pas tellement dispendieux que son emploi, dans beaucoup de circonstances, par exemple dans les campagnes, par un praticien, ne puisse remplacer l'application des sangsues vivantes.

L'appareil a été essayé dans les hôpitaux de Paris, et il y a bien fonctionné; et par son moyen on a pu mesurer exactement la quantité de sang qu'on a tiré du malade, ce qui est un grand avantage.

En me résumant, je pense que cet instrument, entre les mains d'un praticien habile, peut avantageusement suppléer les sangsues dans beaucoup de cas; actuellement où les bonnes sangsues deviennent rares ou celles qu'on trouve chez les pharmaciens les plus honnêtes ont été nourries souvent avec du sang et même ont déjà servi à l'emploi chirurgical, et, par ces raisons diverses, sont peu avides de sang, je pense que l'appareil sera préférable à ces mauvaises sangsues. Quant aux personnes auxquelles l'emploi des sangsues qui ont déjà servi répugnent, et qui craindraient qu'il n'y en eût dans celles livrées à l'emploi chirurgical, elles trouveront préférable sans aucun doute l'appareil de M. Alexandre.

A ce sujet je crois que quelques personnes font profession de l'appliquer lorsqu'elles sont appelées à le faire. (Voir les *Bulletins de la Société d'encouragement*, année 1849).

SAVON. — Ce corps est le résultat de l'action d'une *base*, le plus souvent *alcaline*, sur un *corps gras* d'origine *végétale* ou *animale*. Le savon paraît avoir été connu des Egyptiens et des Hébreux. Pline en fait mention sous le nom de *sapo*, et attribue sa découverte aux Gaulois. Celui que fabriquaient les Germains était très-recherché à Rome du temps des empereurs. Les Romains pratiquaient aussi cette industrie, car on a découvert dans les ruines de Pompéia, ensevelie en 79 sous les cendres du Vésuve, un atelier complet de savonnerie, avec ses différents ustensiles et des baquets pleins de savons, dans un très-bon état de conservation, bien que sa préparation remontât à plus de dix-sept siècles.

On peut partager les savons en deux grandes classes: les savons solubles dans l'eau, ce sont ceux de potasse, de soude et d'ammoniaque; et les savons insolubles, qui sont formés par les autres oxydes métalliques. Les premiers sont seuls employés dans l'économie domestique. On sait qu'ils servent au nettoyage des vêtements, au dégraissage des tissus ou *des fils* de laine, au décreusage de la soie, enfin aux soins de la propreté. Les savons solubles sont de deux sortes: les *savons durs* ont pour base la soude; ils se préparent avec l'huile d'olives, le suif et diverses graisses. En France, en Italie et en Espagne, c'est l'huile d'olives de qualité inférieure qu'on emploie le plus souvent; on y ajoute toujours une certaine quantité d'huile de graines, qui rend, comme

on dit, la coupe du savon douce en diminuant sa consistance. Pour la préparation du savon blanc, on emploie les huiles les moins colorées. En Angleterre, dans le nord de l'Europe et de l'Amérique, à défaut d'huile d'olives, on emploie le suif ou les graisses animales, Les *savons mous* se préparent au moyen des huiles de graines, telles que celles de chènevis, de lin, de colza, de sésame, etc. On fait aussi, au moyen de l'*axonge*, un savon mou pour l'usage de la toilette. Les huiles de graines se distinguent en *huiles chaudes* et *huiles froides ;* ce qui signifie que les premières se figent à une température moins basse que les secondes. Dans le nord de la France on emploie les huiles froides à la préparation des savons mous, lesquels sont généralement colorés en vert ou en noir, soit à l'aide de l'indigo, soit au moyen du sulfate de fer et de la noix de galle.

Les savons à base de soude et de potasse sont très-solubles dans l'alcool bouillant, qui est leur véritable dissolvant ; l'eau pure les dissout aussi, surtout à chaud, pourvu que la quantité d'eau ne soit pas trop considérable. Lorsqu'on ajoute en effet un grand excès d'eau à leur dissolution, le savon est décomposé : il se précipite une matière nacrée, douée de beaucoup d'éclat ; c'est un savon avec excès d'acide gras, tandis qu'une portion de l'alcali reste libre. On sait que les eaux calcaires et les eaux séléniteuses, c'est-à dire celles qui contiennent du carbonate et du sulfate de chaux en dissolution, comme l'eau des puits de Paris, l'eau d'Arcueil, etc., forment avec le savon des dépôts blancs, floconneux et comme caillebotés : ces eaux sont, par suite, impropres aux savonnages ; on dit vulgairement qu'elles ne prennent pas le savon ; ces dépôts sont des savons calcaires résultant de la combinaison des acides gras avec la chaux. On rend ces eaux propres au savonnage en y ajoutant une petite quantité de cristaux de soude (*carbonate de soude cristallisé*), lesquels précipitent la chaux à l'état de carbonate calcaire ; l'eau claire qui surnage au bout d'un certain temps prend le savon et peut servir même, à défaut d'une eau plus pure, à la cuisson des légumes.

L'acte de la formation d'un savon, comme résultat du contact d'une matière grasse avec un alcali, est désigné sous le nom de *saponification*. La théorie de cette opération a été pendant bien longtemps erronée. C'est à M. Chevreul qu'on doit d'avoir dissipé les épaisses ténèbres qui la cachaient aux yeux des anciens chimistes ; c'est lui qui, dans une série d'admirables mémoires, qui n'exigèrent pas moins de douze années de travaux assidus, dévoila la véritable nature des corps gras et celle des savons. Exposons d'une manière sommaire la théorie de la saponification, telle qu'on la conçoit aujourd'hui.

Les huiles fixes et les graisses peuvent être considérées comme des mélanges en proportions variables de certaines substances organiques neutres, d'une composition définie et invariable. Les plus communes de ces substances, celles qui constituent la plupart des corps gras, sont : la stéarine (*Voy.* BOUGIE), la margarine et l'oléine ; la première se rencontre particulièrement dans les corps gras d'origine animale ; les deux autres constituent la plupart des matières grasses végétales, et elles existent aussi, conjointement avec la stéarine, dans celles qui proviennent des animaux. Or, lorsqu'on fait agir un alcali caustique sur l'une de ces matières, elle est décomposée, surtout si l'action s'accomplit à la température de l'ébullition de l'eau ; elle éprouve un véritable dédoublement, et elle se transforme d'une part en un acide gras qui s'unit à l'alcool pour former un savon, d'autre part en une substance particulière qui reste en dissolution dans l'eau, au milieu de laquelle la saponification s'accomplit. Cette dernière substance se distingue par une saveur sucrée, qui lui a fait donner par Scheele, qui l'a découverte, le nom de principe doux des huiles : on la désigne maintenant sous celui de *glycérine*. L'acide gras qui s'est formé est l'acide stéarique, l'acide margarique ou l'acide oléique, selon qu'il provient de la stéarine, de la margarine ou de l'oléine. Ainsi le savon de Marseille, fait avec l'huile d'olives et la soude, est un mélange d'oléate et de margarate de soude. Le savon de *Windsor*, qu'on fabrique avec le suif, contient, outre ces deux sels, du stéarate de soude; de plus, les savons, même les plus secs, renferment toujours une forte proportion d'eau.

Les principales opérations d'une fabrique de savon sont les suivantes : 1° préparation des lessives caustiques; 2° empâtage de l'huile; 3° relargage de la *pâte saponifiée ;* 4° coction du savon ; 5° madrage (ou moyen de marbrer le savon); 6° coulage du savon dans les mises ou caisses ; 7° division du savon en gros pains et subdivisions de ces derniers en barres. Dans le cas où l'on fabrique du savon blanc, le madrage se trouve supprimé. On emploie, dans le courant de la fabrication, deux sortes de lessives : l'une est caustique et ne contient que de la soude pure; elle sert à l'empâtage de l'huile ; l'autre contient du sel marin, et s'emploie pour le relargage et la coction du savon. La première s'obtient en ajoutant à la soude artificielle, aussi exempte que possible de sel marin, le tiers de son poids de chaux éteinte et en lessivant le mélange dans des bassins en maçonnerie appelés *barquieux* ; l'autre en remplaçant une partie de la soude ordinaire par de la soude salée, contenant au moins 50 centièmes de sel marin.

Le savon se fabrique à Marseille dans de grandes chaudières à parois inclinées en briques et à fond de cuivre, pouvant contenir jusqu'à 12,000 kilogr. de savon qu'on y fait à chaque opération. L'huile d'olives, toujours mélangée d'une certaine quantité d'huile de moindre valeur, étant versée dans

la chaudière, on procède à l'empâtage en l'agitant avec la lessive faible portée à l'ébullition : on obtient ainsi une pâte molle, une émulsion, et le mélange se trouve convenablement préparé pour la saponification; on en sépare l'eau qui a été employée en trop grande quantité (*relargage*), puis on ajoute à diverses reprises des lessives fortes, et on procède à la coction, qui dure 10 à 18 heures; c'est pendant ce temps que la saponification a lieu. Lorsque le savon est parfaitement cuit, la pâte devient dure par le refroidissement; sa couleur est d'un gris bleuâtre foncé, uniforme, due à un mélange de sulfure de fer et de savon alumino-ferrugineux; on a eu soin, en effet, d'ajouter à la lessive, lors de l'empâtage, une certaine quantité de sulfate de fer, destinée à produire la couleur bleue qui caractérise le savon marbré dit de Marseille. Pour produire une coloration en veines bleues tranchées sur un fond blanc, on procède au madrage ou à la madrure. Pour cela on épuise, c'est-à-dire on soutire la lessive qui reste, puis on mouve la pâte dans toutes les parties de la chaudière et on y verse de temps en temps de la lessive faible; la liquéfaction du savon se produit et la partie colorée, par suite de l'agitation, se répand dans la masse et détermine les veines bleuâtres qu'on cherche à produire dans le savon marbré. Enfin on enlève le savon des chaudières de cuite en le puisant avec des poches à long manche, et en le jetant dans un canal incliné en bois qui le conduit dans les caisses ou mises destinées à le recevoir; au bout de 8 ou 10 jours, il a acquis assez de consistance pour supporter le poids d'un homme qui, au moyen d'un long couteau, le débite en pains de la dimension exigée par le commerce.

Ces détails sont à peine suffisants pour donner une idée de cette importante fabrication; ajoutons que cette industrie, pratiquée sur une immense échelle à Marseille, s'exécute dans cette ville comme dans plusieurs localités, par des procédés qui varient très-peu et qui ne paraissent pas susceptibles de recevoir des progrès de la science des perfectionnements importants, quoiqu'ils soient aujourd'hui ce qu'ils étaient il y a un siècle, bien avant que la théorie exacte des opérations que nous venons de décrire fût établie.

Outre le savon marbré et le savon blanc de Marseille, on fabrique plusieurs autres sortes de savon que nous devons mentionner : les savons mous, comme nous l'avons dit, se préparent en général avec des huiles de graines et de la potasse; le savon de résine, qui est employé maintenant en grande quantité, surtout en Angleterre, s'obtient en ajoutant à du savon de suif, pendant sa préparation, le tiers ou le quart de son poids de résine.

Les savons de toilette constituent une branche d'industrie spéciale qui, depuis quelques années, a pris une grande extension. Ces savons présentent la même composition que les savons ordinaires, seulement ils sont préparés avec plus de soin, et on les parfume le plus souvent; les uns sont fabriqués avec de l'axonge (graisse de porc) ou du suif; les autres avec les huiles d'olives, d'amandes ou de palmier. Ces savons, mélangés en proportions convenables, et parfumés, suivant le goût du consommateur, par l'addition de diverses huiles essentielles, constituent les variétés infinies de savons de toilette. Le savon de Windsor, par exemple, est un savon d'axonge et d'huile d'olives aromatisée avec les essences de carvi, de lavande et de romarin.

Les savons légers se préparent en ajoutant à la pâte saponifiée un septième ou un huitième de son volume d'eau, et en agitant le mélange sans interruption jusqu'à ce que la masse en moussant ait doublé de volume; on la verse alors dans les mises. Pour les savons transparents, on dissout du savon de suif coupé en copeaux et bien desséché à l'étuve, dans un poids d'alcool égal à son propre poids; quand la masse est bien liquide, on laisse déposer et on coule dans des mises en fer blanc disposées de manière à donner des formes et des reliefs divers aux pains. Enfin, dans ces derniers temps on a inventé le *savon-ponce*, qui est du savon additionné de pierre ponce pulvérisée, et le savon dit *hydrofuge*, qui a la propriété précieuse de rendre imperméable à l'eau une étoffe qu'on trempe dans sa dissolution bouillante : c'est du savon ordinaire auquel on a ajouté une forte portion d'alun (1).

SCIERIES MÉCANIQUES. — L'emploi de machines pour scier et débiter le bois s'étend de plus en plus depuis plusieurs années; les perfectionnements continuellement apportés dans leur construction ont permis de les appliquer avec succès à la fabrication des ouvrages les plus difficiles; les moulures, les poulies, etc., s'exécutent maintenant au moyen de machines, avec une précision et un fini vraiment admirables. Les moteurs inanimés tendent, en un mot, à se substituer presque entièrement au travail manuel, pour éviter aux hommes la plus grande partie de pénibles efforts qu'exigeait autrefois la mise en œuvre des matières dures. L'emploi des scies de différentes formes aura concouru à ce résultat, et l'on peut dire, en général, que le travail mécanique des bois est d'autant plus perfectionné qu'il exige moins souvent l'emploi des autres instruments.

Nous ne décrirons ici que les scieries proprement dites, indépendamment du moteur qui les met en mouvement, et sans entrer dans les détails relatifs à leur application à des ouvrages particuliers, comme la fabrication des tonneaux, etc., etc.

Les scieries sont mises en mouvement par des chutes d'eau, des machines à vapeur ou par le vent. Ce dernier moteur est employé à cet usage en Hollande de temps immémorial. Nous partagerons ces machines en deux

(1) Cet article est tiré de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

grandes classes : les scieries a mouvement alternatif et plus ou moins analogue à celui que les ouvriers impriment ordinairement à ces instruments, et les scieries à mouvement continu, comprenant les scies circulaires, dont l'usage se répand de plus en plus, et quelques autres dispositions rarement employées. La première classe étant jusqu'à présent la plus importante, nous devons en parler avant de nous occuper de la seconde.

Scieries à mouvement alternatif. — Il existe en Suisse et dans quelques parties de la France, et, en général, dans les pays où il y a des forêts et des nombreux cours d'eau, des scieries mécaniques d'une construction très-simple, et qui montrent à la fois les premiers efforts de l'art et les perfectionnements réalisés dans nos scieries bien montées. Les scieries dont nous parlons se composent d'une roue hydraulique, construite aussi grossièrement que possible, tournant avec une grande vitesse, et qui met en mouvement un arbre coudé réuni par une bielle à l'une des extrémités du balancier, dont l'autre extrémité supporte, au moyen d'une seconde bielle, le châssis de la scie, guidé dans son mouvement vertical de va et vient par des coulisses en bois. La pièce de bois à débiter est fixée sur un chariot qui roule sur deux poutres horizontales et qui s'avance d'une certaine quantité, à chaque coup de scie, par l'action d'une crémaillère, ou même d'une corde qui s'enroule sur un treuil commandé par une roue à crochet, conduite elle-même par un doigt ou cliquet qui est mû par le châssis de la scie ou le balancier qui la met en mouvement. Nous ne donnons pas le dessin de ces scies peu perfectionnées, parce que leur disposition doit varier avec les localités où elles sont établies, et que d'ailleurs les détails dans lesquels nous allons entrer sur les machines plus parfaites feront facilement comprendre, à ceux qui ont des machines provisoires à établir auprès des forêts, les dispositions à adopter pour exécuter, presque sans frais, un mécanisme simple et fonctionnant cependant assez convenablement.

Les lames des anciennes scieries étaient toujours mises en mouvement, comme nous venons de l'indiquer par l'intermédiaire d'un balancier oscillant autour d'une position horizontale. Cette disposition occupait beaucoup de place et présentait d'ailleurs quelques autres inconvénients qui l'ont fait abandonner. Dans les scieries que l'on établit maintenant, le châssis porte-lame est mis en mouvement par une ou deux bielles fixées directement aux boutons de manivelle de l'arbre moteur.

Scieries à placage. — L'invention des machines à scier les bois de placage paraît due à M. Cochot. Cette industrie a pris, depuis quelques années, à Paris un grand développement, mais on comprend que son importance est assez limitée. On emploie presque toujours des scieries à mouvement alternatif, mais disposées bien différemment de celles que nous avons examinées jusqu'à présent.

Scieries à mouvement continu. — Scies circulaires. — On attribue à notre compatriote M. Brunel l'invention de cette scie, dont les applications se multiplient chaque jour dans une foule d'industries. La scie circulaire proprement dite est un simple disque de tôle d'acier, dont le diamètre varie depuis quelques centimètres jusqu'à plus d'un mètre et dont la circonférence est garnie de dents semblables à celles des lames de scies ordinaires. Ce disque est percé d'un trou central au moyen duquel on le monte sur un arbre en fer, auquel on communique un mouvement rapide de rotation.

L'ajustement de la scie sur son arbre est très-simple, mais il exige une assez grande précision pour que l'instrument donne de bons résultats. Quand il s'agit d'une scie d'un faible diamètre, on se contente de ménager sur l'arbre une forte portée, soigneusement tournée, contre laquelle vient s'appuyer la lame de scie, que l'on assujettit fortement au moyen du double écrou. L'arbre porte d'ailleurs à ses extrémités deux trous coniques bien centrés, où s'engagent les pointes sur lesquelles tourne le système. Les scies d'un plus grand diamètre s'appuient également sur une embase montée sur l'arbre, et contre laquelle on les fixe au moyen de vis à têtes fraisées. On place un second disque de l'autre côté de la lame, et on le boulonne avec le premier. L'arbre de la scie porte d'ailleurs une poulie à gorge, ou à surface unie, pour recevoir la corde, ou la courroie sans fin, qui doit le mettre en mouvement. La pièce de bois est portée dans la scierie dont nous venons de parler sur un chariot mobile.

Nous devons dire qu'en général on n'emploie pas cette disposition pour les scies circulaires : le bois est presque toujours conduit par un système de cylindres. La lame des scies circulaires, toujours animée d'une grande vitesse et ayant souvent à vaincre des résistances considérables, tend sans cesse à se gauchir, et serait bientôt hors de service sans une précaution sur laquelle nous devons appeler l'attention d'une manière toute particulière. Cette précaution consiste à disposer de chaque côté de la lame, et près du point où elle entre dans le bois qu'elle débite, un guide en corne ou en bois très-dur. On règle, au moyen de vis, la position de ces guides de manière à ce qu'ils exercent sur la lame une légère pression qui ne lui permette pas de s'écarter du plan vertical dans lequel elle doit tourner.

On dispose souvent sur les poupées d'un tour à pointes ordinaires une petite scie circulaire mise en mouvement par une roue à pied. Cet instrument est on ne peut plus commode pour refendre les planches de métal sur une largeur régulière, à l'aide d'un chariot qui sert à guider, et pour une foule d'autres ouvrages.

L'une des applications les plus remarquable de la scie circulaire est son emploi dans

la fabrication des rails. Quoique cette machine sorte du cadre que nous nous sommes tracé dans cet article, nous croyons devoir donner sur son compte quelques renseignements encore peu connus. La lame de la scie établie au Creusot (Saône-et-Loire) est en tôle de fer bien battue ; elle a 1m00 de diamètre et 0m00275 d'épaisseur, les dents 0m02 de longueur et 0m009 de saillie. Elle fait huit cent cinquante tours par minute. Cet appareil est mis en mouvement par une petite machine à vapeur spéciale de la force de cinq chevaux. Le volant de cette machine est entouré d'une courroie qui met sans fin en mouvement une poulie sur l'arbre de laquelle est un autre volant qui transmet à son tour le mouvement à la scie au moyen d'une seconde courroie. La partie inférieure de la scie plonge dans un vase constamment rempli d'eau. Le rail, préalablement chauffé au rouge, est placé sur une espèce de cadre qui le pousse vers la scie au moyen d'une vis. Cette machine, servie par neuf hommes, peut couper trois cents rails par jour, c'est-à-dire effectuer six cents coupures.

Nous pourrions encore parler ici de différentes scies à mouvement continu, formées de lames de ressorts dentées et roulant sur deux cylindres, ou bien composées de lames ordinaires ajustées comme les différents anneaux de la chaîne de Vaucanson; mais le peu de succès de ces différentes inventions et leur application à des travaux spéciaux rendent inutile leur description. Elles n'ont jusqu'à présent produit que de mauvais résultats.

Renseignements généraux. — Nous nous sommes borné jusqu'à présent à décrire le jeu des principales espèces de scies, et, pour éviter de nous répéter, nous ne sommes entré, pour chacune d'elles, dans aucun détail relatif à sa vitesse, à la force qu'elle conserve, à la forme des scies, etc. Nous allons maintenant revenir avec soin sur ces différentes questions de la plus haute importance pour celui qui doit établir ou diriger des machines de cette espèce.

Lame de scie. — La forme des dents varie avec la nature du bois qu'elle doit débiter, avec la qualité de l'acier dont elle est formée, etc.

Il serait difficile, à cet égard, de donner des règles générales, et le mieux est de s'en rapporter à l'expérience d'un ouvrier intelligent. Nous dirons seulement que le volume de la sciure est à peu près quadruple de celui du bois dont elle provient. Cette considération donne une limite du rapport du vide au plein des dents pour un avancement donné de la scie à chaque coup ou à chaque tour. S'il s'agit d'une scie circulaire, il faut que la sciure, pendant un moment, puisse se loger entre les dents pour sortir dans l'instant suivant où la scie n'attaque plus le bois.

Le chemin donné à la scie, c'est-à-dire la quantité plus ou moins grande dont les dents sont déviées du plan de la lame, doit aussi varier avec la nature du bois et la beauté du travail que l'on veut obtenir. Il est en général d'autant moins fort que le bois est plus compacte. Mais, nous le répétons, une pratique éclairée est le meilleur guide dans ces questions de détail.

La lame est souvent fixée dans le châssis par des méthodes analogues à celles employées par les scieurs de long, c'est-à-dire au moyen de brides en fer serrées par des coins. Il est plus convenable d'employer, pour donner la tension à la scie, un écrou dont la double articulation donne tout le jeu désirable.

Travail des scieries. — Nous avons indiqué les différents mécanismes qui font avancer le bois à chaque coup de scie; mais nous n'avons pas dit quelle doit être la vitesse de ce mouvement de progression; elle dépend de la nature des bois et de la course de la scie. Dans les machines que nous avons prises pour exemple, la course varie de 0m40 à 0m60; ce sont les limites dans lesquelles il est plus convenable de se renfermer, et en les adoptant, on peut dire que la pièce de bois doit avancer, à chaque coup de scie, de deux à cinq millimètres, suivant sa dureté. La première vitesse est très-convenable pour le chêne dur, et la dernière pour les bois blancs peu résistants.

Les scies doivent être animées d'une vitesse de 110 à 140 coups par minute. On peut, d'après ces données, estimer la surface sciée par heure. Ainsi, avec la scierie dont nous avons parlé plus haut, on peut débiter facilement des arbres de 0m50 de diamètre, de sorte que, en admettant une vitesse de 120 coups par minute, la surface de bois de chêne sciée par heure serait de :

$0,002 \times 120 \times 0,50 \times 60 = 7$ mèt. carr. 20

et celle du bois blanc de :

$0,005 \times 120 \times 0,50 \times 60 = 18$ mèt. carr. 00

Cette scierie exigerait une force de trois chevaux-vapeur environ.

La scierie marchant à 140 tours par minute et débitant un madrier de bois blanc de 0m30 d'épaisseur, avançant de 0m005 par coup, a scié par heure une surface de :

$0,005 \times 140 \times 0,30 \times 60 = 12$ mèt. carr. 60

Elle exigerait de 1 1/2 à 2 chevaux.

En général, on peut admettre que chaque cheval-vapeur débite par heure une surface de 3 mètres carrés de bois tendre, et de 2m,00 carrés à 2m25 carrés de bois de chêne. Mais il faut remarquer que le temps perdu pour la mise en place des bois, les réparations de la machine, etc., s'élève à peu près au tiers du temps total du travail : de sorte que la surface sciée par journée de travail de douze heures n'est égale qu'à huit fois la surface sciée par heure et évaluée, comme nous venons de le faire, en multipliant l'épaisseur de la pièce par l'avance à chaque coup de scie et par le nombre de tours.

M. Navier donne pour la force nécessaire

au sciage d'un mètre carré de bois un nombre de beaucoup inférieur à celui que l'on déduirait des résultats que l'on vient d'indiquer, parce qu'il ne tient pas compte des frottements très-considérables que présentent inévitablement les scieries mécaniques; mais, en pratique, on devra plutôt se tenir au-dessus qu'au-dessous des indications que nous avons données.

Les scieries à placage marchent avec une vitesse beaucoup plus grande que celles des scieries à bois ordinaires; elles donnent 250 à 280 coups par minute; mais l'avance ne doit guère dépasser un demi-millimètre par coup de scie. Les scieries de cette espèce qui marchent à Paris produisent environ 36 mètres carrés de feuilles par jour. On paye 28 à 30 fr. pour le sciage de 100 kil. de feuilles de 2 millimètres 1/2 d'épaisseur.

La vitesse des scies circulaires est assez variable, et on ignore jusqu'à présent celle qui est la plus convenable. Leur vitesse à la circonférence est ordinairement de 5 à 10 mètres par seconde, ce qui répond avec les dimensions adoptées en général, de 300 à 500 tours par minute. Ces scies absorbent moins de force que les scies à mouvement alternatif. On admet en moyenne que chaque cheval-vapeur peut scier 5 mèt. carr. de bois blanc par heure, et environ 4 mètres carrés de bois dur.

L'arbre qui met en mouvement les scies à mouvement alternatif doit être muni de volants pour régulariser le mouvement. On leur donne en général 1^m00 à 1^m30 de diamètre. Leur poids *P*, d'après M. Morin, est donné par la formule

$$P = \frac{30,000^{k.}}{V^2}$$

et d'après presque tous les constructeurs, par la relation

$$P = \frac{25,000^{k.}}{V^2}$$

en désignant par *V* la vitesse par 1 à la circonférence du volant. Ainsi, pour un volant de 1^m10 de diamètre moyen devant faire 120 tours par minute, on aurait

$$V = \frac{120 \times 3,1415 \times 1,10}{60} = 6^m\,9,$$

et par suite

$$P = \frac{30,000}{(6,9)^2} = 630^{k.}$$

suivant M. Morin, et

$$P = \frac{25,000}{(6,9)^2} = 525^{k.}$$

si on adopte, comme cela nous paraît convenable, la marche suivie dans toutes les nouvelles machines.

Le poids du châssis de la scie n'est pas indifférent; il doit se rapprocher autant que possible de la moitié de l'effort moyen exercé sur lui (1).

SCINTILLATION (2). — HISTORIQUE. — Les phénomènes du ciel étoilé qui ne sont pas susceptibles de mesures rigoureuses, excitent à peine aujourd'hui l'attention des astronomes. Il n'en était pas de même jadis; témoin le rendez-vous que Kepler assignait à Simon Marius, dans la ville de Francfort, pour une conférence sur la scintillation.

S'il est peu de phénomènes qui se reproduisent plus souvent que celui de la scintillation, on peut ajouter qu'il n'en est pas dont on connaisse moins la cause. Essayons de la découvrir, sans nous laisser décourager par les tentatives infructueuses de nos prédécesseurs.

En quoi consiste la scintillation? — Question bien posée est à moitié résolue, dit un vieil adage. C'est pour n'avoir pas nettement défini le mot *scintillation*, que tant de savants illustres se sont complétement égarés dans l'explication qu'ils ont donnée du phénomène. Ne commettons pas la même faute; disons, sans équivoque, ce que c'est que la scintillation; ensuite nous en chercherons la cause.

Pour une personne regardant le ciel à l'*œil nu*, la scintillation consiste en des changements d'éclat des étoiles très-souvent renouvelés. Ces changements sont ordinairement, sont presque toujours accompagnés de variations de couleurs et de quelques effets secondaires, conséquences immédiates de toute augmentation ou diminution d'intensité, tels que des altérations considérables dans le diamètre apparent des astres ou dans les longueurs des rayons divergents qui paraissent s'élancer de leur centre, suivant diverses directions.

Des changements instantanés de couleur des étoiles observables à l'œil nu. — Les changements instantanés de couleur qui ont lieu dans l'acte de la scintillation, devant jouer

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

(2) J'avais eu d'abord le projet de restreindre, dans cette Notice, ma contribution personnelle à la théorie nouvelle que j'ai cru pouvoir donner de la scintillation, et d'emprunter aux ouvrages spéciaux la description et l'histoire de ce phénomène compliqué: mais j'ai été forcé, malgré moi, de changer mon plan. L'*Histoire de l'Astronomie* de Bailly ne renferme, sur la scintillation, qu'une vingtaine de lignes (t. II, page 37). Le mot ne figure même pas dans la table détaillée des matières contenues dans le troisième volume.

On ne trouve pas davantage ce mot dans les tables des quatre gros volumes de Montucla.

Lalande a consacré au phénomène de la scintillation une page et demie environ de son *Traité d'Astronomie*, en trois volumes in-quarto, mais sans en donner une définition nette et précise.

D'autres ouvrages ne sont ni plus exacts ni plus développés.

Ces circonstances m'ont déterminé à réunir et à coordonner les notes que j'avais anciennement recueillies dans mes lectures. En les publiant, j'éviterai aux savants qui voudront écrire sur la matière, des recherches minutieuses et une fatigue qu'un auteur s'impose alors seulement que, traitant un sujet déterminé, il veut rendre une complète justice à ceux qui l'ont précédé dans la carrière.

un rôle décisif pour faire apprécier les explications diverses qu'on a données du phénomène, il devient curieux de rechercher si l'observation de ces changements est nouvelle, ou si elle n'avait pas échappé aux anciens astronomes.

L'observation n'est pas nouvelle.

Au moment où je cherchais des preuves de ce fait, M. Babinet me fit remarquer qu'un des noms donnés à Sirius par les Arabes, le nom de *Barakesch*, peut être traduit par l'*étoile aux mille couleurs*.

Tycho avait aperçu des couleurs dans la scintillation des étoiles; il cite *particulièrement* la scintillation de l'étoile nouvelle de 1572. Il la compare aux éclats successifs que présente un diamant à facettes tournant en présence d'une lumière. Mais l'astre de 1572 était-il une étoile ordinaire?

Galilée signale les teintes particulières à Mars et à Jupiter qu'affectait successivement l'*étoile nouvelle* de 1604 dans ses scintillations. Kepler parle des *couleurs* variables de la même étoile. Rien de plus clair, à l'égard de la scintillation des étoiles proprement dites, que les passages suivants tirés de l'*Astronomiæ pars optica*, de Kepler :

Les étoiles du Chien (*Sirius*) *et* Arcturus (*α du Bouvier*), *le Chien principalement, revêtent tour à tour* toutes les couleurs de l'arc-en-ciel..... Arcturus, *dont la couleur principale est rougeâtre, présente, de temps à autre, différentes nuances.*

Je trouve dans la *Micrographie* de Hoocke, à la page 218 :

On peut noter que les étoiles scintillent avec diverses couleurs, en sorte que dans certains moments elles paraissent rouges, quelquefois jaunes et d'autres fois bleues. Cela arrive même quand les étoiles sont assez élevées au-dessus de l'horizon.

Le changement de couleur des étoiles dans l'acte de la scintillation avait aussi fixé l'attention de Michell et de Melville vers le milieu du siècle dernier.

M. Forster (*Philos. Magaz.*, 1824), non-seulement remarquait les couleurs, mais il essayait de noter les périodes de leur reproduction. *Quelquefois*, dit-il, *la lumière rouge intense se montrait après deux dilatations de l'étoile; dans d'autres circonstances, après trois seulement; d'autres fois, enfin, sans aucune loi régulière.*

Scintillation des planètes.

Mercure et Vénus.

Tous les observateurs, Tycho, Kepler, etc., s'accordent à reconnaître que Mercure scintille fortement. Gassendi dit même que c'est à raison de cette forte scintillation qu'on avait donné à la planète le surnom Στίλβων, qui indique une lumière à éclats successifs.

On trouve le même accord relativement à la scintillation de Vénus. Tycho, Kepler, etc., ont vu scintiller cette planète. Scheiner ajoute que Vénus scintille moins dans ses moyennes distances qu'aux époques où elle est apogée et périgée.

Voici une observation de Kepler, consignée dans l'*Astronomiæ pars optica*, où la scintillation de Vénus est notée à la fois directement et par la projection de ses rayons sur un mur.

En 1602, *le* $\frac{12}{22}$ *décembre, vers le soir, je voyais par une fenêtre Vénus déjà sur son déclin..... La planète scintillait avec force. Lorsque je regardais le mur blanchâtre sur lequel se projetaient les rayons de Vénus, il présentait des ondulations comme lorsque la fumée empêche de voir la flamme, et cela avec une grande célérité et des mouvements irréguliers..... J'ai remarqué que cette ondulation de lumière était en rapport avec la scintillation qu'on apercevait sur la planète.*

Le $\frac{5}{15}$ *juin de l'année* 1603, *Vénus, et la Lune qui avait trois jours, envoyaient des rayons sur le même mur blanc... Les rayons de Vénus ondulaient beaucoup ; ceux de la Lune presque pas.*

Mars.

Tycho place Mars au nombre des astres qui scintillent, mais *faiblement*. Kepler dit que des yeux exercés parviennent à distinguer une petite scintillation dans cette planète. Simon Marius lui donne le premier rang après Mercure et Vénus.

Voici comment s'exprime Scheiner :

Mars scintille beaucoup et avec force, surtout quand il est apogée.

Après toutes ces assertions catégoriques, comment expliquer que Jacques Cassini ait affirmé, dans son *Astronomie*, page 42, que *l'on ne distingue pas de scintillation dans Mars.*

Cassini s'est certainement trompé : Mars scintille quelquefois d'une manière non équivoque.

Remarquons, quant à la scintillation des planètes, qu'aucun astronome ne dit, comme pour les étoiles, qu'elle est accompagnée d'un changement de couleur. La scintillation dans ce cas serait donc un simple changement d'intensité. On pourrait s'étonner, après tous ces témoignagnes concordants sur les scintillations de Mercure, de Vénus et même de Mars, que Cléomède eût soutenu que toute lumière empruntée, que toute lumière réfléchie n'est pas sujette au genre de mouvement de vibration qui constitue la scintillation, si nous ne savions que les anciens ignoraient la nature de la lumière des planètes. L'opinion de Cléomède adoptée par Kepler, à une certaine époque, entraînait une hypothèse devant laquelle l'auteur de l'*Astronomie copernicienne* était loin de reculer. Il soutenait et disait avoir *rendu vraisemblable*, dans ses thèses publiées en 1602, *que les planètes ont une partie de lumière qui leur est propre et une autre partie venant du Soleil.* La seule partie de lumière propre contribuerait à la scintillation. Vénus n'aurait presque que de la lumière propre ; Saturne, au contraire, que de la lumière empruntée.

Scheiner fit une observation qui, en point de fait, réduisait au néant l'opinion de Cléo-

mède et les théories de Kepler. Cette observation montre de plus la véritable cause, la cause géométrique de la différence reconnue par tous les astronomes entre les scintillations *très-visibles* de Mercure et les scintillations *à peine sensibles* de Jupiter, si on laisse de côté les considérations imaginaires dans lesquelles l'auteur s'est égaré : Voici l'observation :

Les images du Soleil, dit Scheiner, *réfléchies par les boules dorées qui surmontent les clochers, paraissent animées d'une sorte de trépidation, semblent sautiller de haut en bas.*

Après avoir fait cette subtile remarque, Scheiner n'a pas l'idée si simple que la petitesse de l'angle sous lequel l'image solaire se présente alors à l'œil, entre pour quelque chose dans le phénomène observé; il s'en va étourdiment l'attribuer soit à l'humidité, à la rosée déposée à la surface des boules, soit à des nuages légers interposés entre la boule et l'observateur.

On lit dans Hooke (*Micrographie*, p. 219) : *J'ai souvent remarqué la scintillation de la lumière du Soleil réfléchie sur la vitre d'une fenêtre.*

Cette observation suffit pour prouver que la scintillation peut appartenir à des rayons réfléchis; mais l'illustre auteur ne fait pas la remarque que, dans son observation, l'image du carreau de vitre ne sous-tendait qu'un petit angle.

Jupiter et Saturne.

Simon Marius place Jupiter au nombre des astres qui scintillent. Scheiner est de la même opinion : *La scintillation de Jupiter*, dit-il, *se fait par éclairs.* Jacques Cassini assure que Jupiter ne scintille jamais.

On lit, dans la *Météorologie* de Kæmtz :

Quand la scintillation des étoiles est très-forte, les planètes scintillent aussi, comme je l'ai vu pour Jupiter, placé près de l'horizon.

Tycho dit que Saturne ne scintille pas du tout. Cette opinion est corroborée par Roger Bacon, Gassendi et Jacques Cassini; elle est contredite par Simon Marius et Scheiner. Ces deux derniers observateurs reconnaissent toutefois que Saturne est, de toutes les planètes, celle où le phénomène est le plus difficile à saisir (1).

Scintillation dans les lunettes. — On croit généralement que la scintillation n'existe pas dans les lunettes. Cette opinion, quoique professée par des hommes de génie, par Newton par exemple, est erronée, ainsi qu'on va le voir.

Simon Marius est le premier qui ait appliqué une lunette, et même une lunette sans oculaire, à l'observation de la scintillation. Voici ses propres paroles :

(1) Scheiner ajoute : *La lune sintille rarement.* On se demande alors de quel phénomène Scheiner a entendu parler. Qu'est-ce que la scintillation de la Lune?

Que celui qui a entre les mains une bonne lunette, en ôte le verre concave (l'oculaire), et qu'il substitue son œil au verre enlevé; qu'il dirige ensuite la lunette vers l'étoile ou la planète dont il veut observer la scintillation. Il verra avec admiration ce que je vais dire, pourvu que le ciel soit bien clair et l'air bien tranquille.

L'étendue du corps des étoiles et des planètes devient très-considérable, et la scintillation paraît comme une fulmination, ou une ébullition de la matière des étoiles. Pendant ce temps-là on verra, par ordre et tour à tour, des couleurs déterminées et distinctes, en plus ou moins grand nombre, suivant les étoiles. Ainsi, pour les étoiles qu'on a jusqu'ici regardées comme étant de la nature de Mars, le rouge domine sur toutes les autres couleurs, tandis que dans le grand Chien, toutes les couleurs, le vert, le jaune, le rouge et le bleu, se succèdent dans le même ordre, avec à peu près le même éclat et la même abondance, en sorte qu'elles inspirent à l'observateur la plus profonde admiration, jointe au plus vif plaisir.

Je laisse, ajoute l'auteur, *l'explication de ce phénomène à de plus habiles que moi.* On *trouve dans Scheiner cette remarque : Lorsqu'on regarde Sirius à travers une lentille convexe, il paraît par moment entièrement éteint et comme étouffé; il se rallume ensuite tout à coup.*

Regarder à l'*œil nu* à travers une lentille convexe, comme le faisaient Simon Marius et Scheiner, c'était regarder à travers une lunette après en avoir ôté l'oculaire. Si l'expérience n'avait pas été renouvelée avec des objectifs achromatiques, on pourrait supposer que dans les observations de Marius et de Scheiner le défaut de fixité de l'œil, en présence de la série de foyers diversement colorés d'une lentille simple, entrait pour quelque chose dans les phénomènes observés.

Hooke rapporte (*Micrographie*, page 218) qu'il a vu, au moyen d'une lunette, des petites étoiles scintiller, comme les petites étoiles visibles à l'œil nu. Dans le passage cité, Hooke ne parle pas de couleurs.

Venons à une observation de Nicholson publiée en 1813. L'auteur veut prouver que les étoiles scintillent dans les lunettes. Il prend un de ces instruments (achromatique), le laisse complet, mais pousse l'oculaire hors du foyer; il le dirige ensuite vers une étoile brillante, dont l'image devient un disque irrégulier, approchant de la forme circulaire d'un diamètre plus ou moins grand suivant la position où l'on a arrêté l'oculaire. Voici la traduction du passage où l'auteur décrit les phénomènes qu'on observe avec l'instrument ainsi disposé. — L'analogie, la presque identité de ces phénomènes, avec ce que rapporte Simon Marius, n'échapperont pas au lecteur :

Le disque circulaire de l'étoile a un tel genre de vacillation, qu'on croirait voir un certain nombre de disques passer successivement les uns devant les autres. Ces disques

sont de couleurs différentes. L'illumination paraît venir de divers côtés. Du bleu, du bleu d'acier, du vert de pois, la teinte cuivre brillant, du rouge et du blanc, sont les couleurs les plus fréquentes.

Toute théorie de la scintillation qui ne satisfera pas aux phénomènes que je viens de décrire, devra évidemment être rejetée comme erronée ou comme insuffisante. Il est un second moyen non moins instructif d'appliquer la lunette à l'étude de la scintillation. Je m'en étais servi dès l'année 1812; mais Nicholson l'ayant *publié* avant moi (en 1813), c'est à lui qu'il faut reporter exclusivement l'honneur de la découverte. Je dois borner mes prétentions, à ce sujet, à quelques conséquences que l'emploi de ce moyen perfectionné m'avait fournies.

Laissons d'abord parler M. Nicholson :

Après avoir dirigé sur Sirius une lunette achromatique de Ramsden, grossissant vingt-quatre fois, l'oculaire étant à la distance de la vision distincte, je frappai légèrement le tube à coups redoublés, avec les doigts de la main droite. L'image de l'étoile dansait dans le champ de la vision et formait une ligne lumineuse semblable à la traînée continue que donne un charbon enflammé qui se meut rapidement dans une courbe. A chaque secousse, l'étoile décrivait une courbe rentrante, mais si irrégulièrement contournée, que jamais deux de ces lignes successives ne coïncidaient entre elles. Je donnais environ dix coups par seconde. Les courbes étaient teintes des plus vives couleurs dans leurs diverses parties Les plus remarquables de ces couleurs étaient le bleu verdâtre, le bleu d'acier, le marron ou couleur de cuivre très-intense. Il m'a semblé que chacune d'elles pouvait occuper un tiers ou un peu moins de l'étendue totale de la courbe. La lumière de Sirius changeait donc distinctement de couleur avant d'arriver à l'œil, au moins trente fois par seconde.

Ce résultat numérique étonnera peut-être. On doutera que Nicholson ait pu, avec le doigt, imprimer dix vibrations par seconde à sa lunette; mais le nombre de ces vibrations n'eût-il été que de six à sept, la conséquence n'en serait pas moins curieuse (1).

Il résulte évidemment d'une expérience qui prouve qu'une étoile ne se montre à nous généralement qu'avec une partie de sa lumière, que la scintillation a pour effet nécessaire, d'affaiblir les images des étoiles. C'est très-rarement que ces astres s'aperçoivent avec leur éclat intrinsèque. Des étoiles qu'on a rangées dans la sixième grandeur, *parce que de temps en temps* elles sont visibles à l'œil nu, peuvent donc disparaître habituellement. Une étoile, qui aurait été classée dans la septième grandeur parce qu'elle serait ordinairement invisible, peut, quand le phénomène de la scintillation cesse tout à fait pour elle, devenir perceptible. Hooke s'est assuré que les choses se passent comme je viens de le dire, relativement à certaines étoiles de sixième et de septième grandeur.

On voit quelle difficulté le phénomène de la scintillation doit apporter aux mesures destinées à déterminer l'éclat comparatif des différentes étoiles qui brillent au firmament. Il m'a semblé curieux de rechercher à quelle limite de grandeur les diverses parties d'une étoile scintillante, développée en ruban, cesseraient de paraître colorées. M. Goujon, qui, à ma prière, a bien voulu faire cette expérience, a trouvé qu'on voit encore des couleurs quand on opère sur une étoile de sixième grandeur, et qu'il n'en reste aucune trace lorsqu'on observe une étoile de septième.

Nicholson n'avait observé que Sirius.

J'ai découvert un troisième moyen d'étudier la scintillation à l'aide des lunettes; je vais en donner la description. Dès qu'on se servit de lunettes à *petites ouvertures naturelles*, ou, mieux encore, à ouvertures réduites à l'aide d'un couvercle percé d'un trou circulaire placé devant l'objectif, on aurait pu voir, en s'éloignant du foyer, que l'image élargie des étoiles était percée dans son centre d'un trou obscur régulier. Je ne trouve dans les auteurs aucune observation de ce genre. Une remarque relative à l'existence simultanée de plusieurs trous est consignée dans les ouvrages de Simon Marius et de Cheiner; mais les trous dont ils par-

(1) Bien des personnes éprouvant un peu de difficulté à concevoir comment une petite oscillation imprimée à une lunette transforme l'image très-concentrée d'une étoile en un long ruban de lumière, entrons, à cet égard, dans quelques détails.

Une lunette bien réglée se compose de deux lentilles, l'objectif et l'oculaire, dont les axes se correspondent, dont les axes sont situés sur le prolongement l'un de l'autre. L'image d'une étoile, que, pour simplifier les idées, je supposerai immobile, se formera toujours dans la direction de la ligne joignant cette étoile *et le centre de l'objectif*. Si cette ligne rencontre l'objectif perpendiculairement, en d'autres termes, si elle coïncide avec son axe, l'image occupera le milieu de ce qu'on appelle *le champ*. Dans le cas contraire, elle sera plus ou moins excentrique, suivant que l'axe de l'objectif et le rayon venant de l'étoile seront plus ou moins inclinés l'un par rapport à l'autre.

Supposons que les rayons qui ont concouru à la formation de l'image, prolongés au delà, sortent de la lunette et entrent dans l'œil par l'action de l'oculaire, parallèlement entre eux, *parallèlement, en outre, à la ligne qui joint l'image et le centre de cette même lentille oculaire*. Il est évident que la direction de cette ligne ou du faisceau parallèle qui pénètre dans l'œil, détermine le point de la rétine où va définitivement se peindre l'étoile. Admettons maintenant (la lunette restant immobile, les rayons de l'étoile tombant perpendiculairement sur l'objectif, l'image occupant le centre du champ), admettons qu'on fasse marcher horizontalement l'oculaire de droite à gauche ou de gauche à droite. A chaque position correspondra sur la rétine une image plus ou moins éloignée de l'image primitive, mais toujours placée, relativement à elle, dans la position horizontale. Supposons que le mouvement de l'oculaire dans toute sa course s'effectue dans un temps plus court qu'il ne faut pour que chaque image de l'étoile ne s'efface (en moins d'un septième de seconde, suivant l'expérience de Darcy), et l'étoile

lent n'occupent pas les centres des images et ils sont irréguliers. Ces deux auteurs les attribuent aux imperfections de la matière dont l'objectif était formé.

Voici, en effet, comment s'exprime Marius :

Les disques des étoiles fixes et des planètes paraissent, dans chaque position de l'oculaire, percés de plusieurs trous, ce qui tient à la nature du verre convexe.

Scheiner s'énonce à peu près dans les mêmes termes. Les trous obscurs dont parlent Marius et Scheiner existent aussi pour certains yeux, dans les images confuses des étoiles et des lumières terrestres observées sans lunettes, mais avec ce caractère particulier, que le nombre et la position de ces trous changent souvent du jour au lendemain. Ce n'est pas de cela qu'il va être question. Le phénomène dont je vais parler est constant, parfaitement régulier et le même pour tous les yeux. La description que je vais en donner diffère à peine de celle que je publiai dans le tome XXVI des *Annales de chimie et de physique*, page 431, année 1824. Quand on place, devant l'objectif d'une lunette astronomique achromatique, un couvercle percé d'une ouverture circulaire d'un diamètre réduit, de 3 à 4 centimètres par exemple, les images des étoiles au foyer sont rondes, bien terminées et entourées d'une série d'anneaux lumineux et obscurs, très-déliés et très-serrés. L'éclat de ces anneaux varie incessamment sur les diverses parties de leurs contours : souvent, en quelques points, il y a disparition totale. Tout restant dans le même état, si l'on enfonce peu à peu l'oculaire, on verra l'image de l'étoile se dilater graduellement, et bientôt une tache noire, ronde, tranchée, un véritable trou obscur se formera dans le centre. La distance du foyer à laquelle on observera cette tache variera avec le diamètre de l'ouverture placée devant l'objectif. Un nouveau mouvement de l'oculaire dans le même sens amènera d'abord la dilatation de la tache obscure, et, ensuite, la naissance d'un petit disque lumineux qui en occupera le milieu. L'image de l'étoile, en allant du centre vers la circonférence, sera alors ainsi composée : disque lumineux, large anneau obscur, large anneau lumineux. Dans une troisième position de l'oculaire plus voisine encore de l'objectif, le centre de l'image sera obscur ; à l'anneau large et brillant qui entourera ce centre succédera un anneau sombre, suivi à son tour d'un anneau lumineux.

Tout le monde savait que, par un simple déplacement de l'oculaire d'une lunette, on peut donner à l'image confuse d'une étoile des dimensions de plus en plus considérables ; mais j'ignore si l'on avait remarqué que pendant ce déplacement, lorsque les dimensions de l'objectif sont suffisamment réduites pour une distance focale déterminée, le centre de l'image devient périodiquement un disque obscur ou lumineux, circulaire et bien terminé.

Supposons, pour un moment, que l'oculaire de la lunette soit dans une de ces positions où le centre de l'image de l'étoile, encore tout à fait obscur, est près de devenir lumineux. Si l'étoile ne scintille point, la forme de son image reste constante ; quand l'étoile scintille légèrement, un petit point lumineux apparaît de temps en temps au milieu de la tache noire, comme si, dans cet instant, on avait légèrement enfoncé l'oculaire. Lorsque la scintillation est fréquente, les changements de cette espèce sont continuels. Toutes ces circonstances découlent simplement, comme on le verra plus loin, de l'explication du phénomène que j'ai conçue. Je n'ajoute qu'un mot pour terminer : j'ai indiqué le mouvement de l'oculaire vers l'objectif comme un moyen de faire naître successivement au centre de l'image d'une étoile des taches obscures et lumineuses ; en éloignant l'oculaire de l'objectif, on observe des phénomènes analogues ; mais ils ont moins de netteté et sont compliqués de quelques effets de coloration. M. Brewster avait annoncé, dans son Traité sur *les instruments astronomiques*, que les images *circulaires des étoiles*, ou les sections faites dans les cônes de rayons qui se réunissent au foyer d'une lunette, ne sont jamais aussi distinctes ni aussi bien définies au delà de ce foyer qu'avant le croisement de la lumière ; je rappelle les observations de l'illustre physicien écossais pour faire remar-

sera transformée en une ligne continue de lumière horizontale.

Un mouvement vertical de l'oculaire aurait donné une ligne continue de lumière verticale ; un mouvement incliné, une ligne de lumière inclinée. Conséquemment, un mouvement curviligne de l'oculaire suffisamment rapide transformerait l'étoile en un ruban curviligne et continu de lumière.

Les mouvements que je viens de décrire ont consisté uniquement dans le déplacement de l'oculaire *relativement à l'image focale* ; or, on arrivera exactement au même déplacement en dirigeant successivement la lunette à gauche, à droite de l'étoile, en la pointant un peu plus haut ou un peu plus bas, etc. Ces déplacements, en effet, ont pour résultat de faire naître l'image de l'étoile à gauche, à droite, en haut, en bas, etc., *du centre de la lunette*, du centre où elle existait primitivement : la position de cette image *dans l'espace* reste constante ; les parois du tuyau de la lunette, au contraire, s'approchent ou s'éloignent par un côté ou par l'autre du lieu qu'elle occupe, suivant le sens du mouvement qu'on leur a imprimé ; et si l'on se rappelle que l'oculaire est supposé maintenant lié à la lunette d'une manière invariable, que son axe prolongé coïncide constamment avec l'axe du tuyau, on concevra que tout déplacement de l'image, relativement à telle ou telle autre partie du tuyau, est inévitablement accompagné d'un déplacement correspondant de l'oculaire relativement à cette même image, et que ces déplacements auront le même effet que, si l'image étant fixe, l'oculaire avait marché. Lorsqu'on voudra régulariser ces mouvements, dans la vue de substituer des mesures à de simples aperçus, les constructeurs décideront si des déplacements réguliers et rapides de l'oculaire ne sont pas plus faciles à produire mécaniquement que des oscillations de la lunette.

quer qu'elles n'ont aucun rapport avec celles qui précèdent : il parle, en effet, du *contour* de l'image, et j'ai seulement voulu porter l'attention du lecteur sur les modifications qu'éprouve son centre.

Les étoiles, quelle que soit leur grandeur, scintillent-elles également quand elles sont placées à la même hauteur au-dessus de l'horizon? Y a-t-il, au contraire, sous le rapport de la scintillation, des différences spécifiques entre des étoiles de même grandeur ou de grandeur différente? — Roger Bacon disait que toutes les étoiles ne scintillent pas, que le phénomène est surtout apparent dans les étoiles brillantes; il ajoute : *Que de même qu'un éclat trop faible ne suffit point à la scintillation, de même un éclat trop vif confond le sens de la vue, l'absorbe tout entier de telle sorte que la trépidation n'est plus perçue.*

Scaliger place la *grandeur* d'un astre au nombre des causes *qui favorisent* sa scintillation.

Kepler cite, à l'appui de cette remarque, l'étoile nouvelle de 1604 : *D'abord son éclat*, dit-il, *répondit à sa grandeur extrême; elle décrut, et sa scintillation s'affaiblit.*

Il y a dans ces passages un peu de confusion. Aucun moyen d'observation ne permit, en 1604, de mesurer la grandeur de l'étoile nouvelle. L'observation de Kepler, convenablement interprétée, se réduit à ceci : la scintillation de l'étoile de 1604 diminua avec son éclat.

Gassendi affirme que les petites étoiles scintillent moins que les grandes.

Hooke (*Micrographie*, page 218) parle de la scintillation des étoiles de sixième grandeur.

Cette scintillation, *ajoute-t-il*, *amène de temps en temps leur disparition complète.*

Kepler, dans son ouvrage sur la nouvelle étoile de 1604, dit que toutes les étoiles n'ont pas le même degré de scintillation, quoique leur grandeur et leur hauteur au-dessus de l'horizon soient les mêmes. Dans son *Astronomiæ pars optica*, Kepler caractérise en ces termes les différences en question : *Sirius* offre des scintillations plus marquées et à des intervalles plus éloignés que *Arcturus... On observe des scintillations très-fréquentes dans le cœur du Scorpion. On n'en observe que de très-lentes dans l'œil du Taureau. La Chèvre et la Lyre ont le même éclat; cependant on ne distingue aucun changement de couleur dans la Lyre, tandis qu'ils sont très-nombreux dans la Chèvre, particulièrement la couleur pourpre.*

Lalande prétend que α du Lion (*Régulus*) scintille plus que l'Épi de la Vierge, quoique cette dernière étoile lui paraisse un peu plus lumineuse que l'autre.

M. Forster, portant particulièrement son attention sur le changement de couleur, lequel pourrait bien être identique avec la scintillation, signale entre diverses étoiles les différences suivantes : *Antarès, α d'Orion et quelques autres étoiles* rouges(?) *présentent ces changements de couleur avec beaucoup d'intensité, surtout Antares; tandis qu'ils sont faibles dans Sirius et d'autres étoiles brillantes et blanches. On ne les observe pas dans Procyon; ils sont faibles dans la Chèvre, et très-considérables, au contraire, dans α de la Lyre et Arcturus. Antarès est, toutefois, l'étoile dans laquelle on les observe le plus aisément.*

Il y a, comme on voit, une différence manifeste entre les résultats de Kepler et ceux de M. Forster. Le premier signale la Lyre comme une étoile dans laquelle les changements de couleur sont insensibles; le second cite cette étoile parmi celles où ces changements atteignent la plus forte intensité. Les conclusions sont également contradictoires relativement à la Chèvre. Suivant Kepler, cette étoile scintille beaucoup; suivant M. Forster, elle scintille peu, ce qui me paraît contraire aux faits.

Ces discordances, ces contradictions ne disparaîtront qu'après qu'on aura inventé un *scintillomètre*. Nous reviendrons sur cet objet plus loin. Je ne crois pas, toutefois, qu'il soit nécessaire d'attendre l'invention d'un scintillomètre pour se prononcer sur une assertion de Scheiner, suivant laquelle la scintillation aurait d'autant plus d'intensité que l'étoile serait plus boréale. Il n'est nullement besoin d'instruments pour oser affirmer que la distinction entre les étoiles boréales et australes n'a aucun fondement.

Influence supposée des distances des astres sur leur scintillation. — Copernic croit à l'influence de la *distance* des astres sur leur scintillation; témoin ce passage de son ouvrage, liv. 1, chap. 10 : *Qu'il y ait une énorme distance entre Saturne, la plus éloignée des planètes, et la sphère des étoiles fixes*, c'est ce que démontre la scintillation de celles-ci, *car c'est ce caractère qui les distingue surtout des planètes.* Copernic n'avait évidemment observé la scintillation d'aucune planète. Mais lorsque Tycho soutient aussi que la scintillation des astres est dépendante de leur distance : lorsque, dans le tome Ier des *Progymnasmata*, chapitre 6, page 401, il dit à l'occasion de l'étoile nouvelle de 1572 : *La belle, la brillante scintillation de cet astre démontre qu'il se trouvait dans la suprême et immense région des fixes; bien loin, par conséquent, de celle où s'opèrent les révolutions des planètes*, on se demande comment Tycho peut concillier ces paroles avec les observations qu'il a faites de la scintillation de Mercure et de Vénus.

Quant à Kepler, il entend prouver que la distance n'*influe pas* sur la scintillation, en faisant remarquer que tandis que Mercure et Vénus, planètes voisines, scintillent beaucoup, Jupiter et Saturne, planètes éloignées, ne scintillent pas. Mais dans ce raisonnement Kepler oublie l'angle sous-tendu qui peut influer et qui influe réellement beaucoup.

Quelles modifications les circonstances atmosphériques apportent-elles à la scintillation? Quand l'atmosphère est humide et *agitée par des vents impétueux*, dit Kepler (*Stella nova*),

les astres ont une vive splendeur ; ils paraissent grands, et leur scintillation a plus d'intensité. Dans un autre endroit il s'exprime ainsi :

Il est faux que la scintillation tienne à des changements dans l'atmosphère.

Scheiner assure avoir observé aussi que le phénomène de la scintillation est plus apparent dans un temps humide que dans un temps sec.

Pour combattre l'idée que la scintillation dépend d'exhalaisons ou de vapeurs répandues dans l'atmosphère, Musschenbroek remarque qu'en Hollande *lorsqu'il fait excessivement froid, lorsque la gelée est intense et que le temps est serein en hiver, toutes les étoiles scintillent très-vivement.*

M. de Humbodlt assure que dans les régions tropicales, l'arrivée de la saison des pluies est annoncée plusieurs jours à l'avance par la scintillation des étoiles élevées.

M. Biot dit que la scintillation s'observe principalement aux approches de la pluie lorsqu'elle va suivre une longue sécheresse. Le *tremblement* des étoiles est alors si marqué, ajoute-t-il, qu'il devient un signal pour les matelots. (*Traité d'Astronomie physique*, tome I, page 289 ; 3ᵉ édition.)

Le *Traité de Météorologie* de M. Kæmtz renferme l'observation suivante : *La scintillation est très-marquée quand des vents violents règnent dans l'atmosphère, et quand le ciel est alternativement serein et couvert.*

Je réunirai maintenant les observations desquelles il paraît résulter que, dans certains lieux et dans certaines saisons, les étoiles scintillent peu ou ne scintillent pas du tout.

La Condamine disait avoir constaté que, dans la portion du Pérou où il ne pleut pas, la scintillation est moindre que dans nos climats. (*Académie des Sciences*, 1743, p. 31.)

Garcin annonçait à l'Académie des Sciences, en 1743, qu'à Bender-Abassi, sur le golfe Persique, pendant la sécheresse extraordinaire qui règne dans ce port, au printemps, en été et en automne, les étoiles ne scintillent pas. *Leur lumière*, dit-il, *est pure, ferme, éclatante, sans nul étincellement. Ce n'est qu'au milieu de l'hiver que la scintillation, quoique très-faible, se fait apercevoir* (1). Garcin ajoutait qu'au Bengale, par la latitude de Bender, mais dans un climat humide, il avait vu les étoiles scintiller.

Au retour de son voyage dans l'Inde, Le Gentil assurait qu'à Pondichéry, dans les mois de janvier et de février, les étoiles n'ont aucune scintillation. (*Académie des Sciences*, 1771, page 264.)

Beauchamp écrivait à Lalande qu'à Bagdad, les étoiles ne scintillaient plus dès qu'elles étaient parvenues à 45 degrés de hauteur au-dessus de l'horizon.

(1) Garcin dit qu'à Bender-Abassi, le printemps, l'été, l'automne, se passent sans qu'il se dépose la moindre rosée.

Citons maintenant les ouvrages de M. de Humboldt, ce savant illustre, à qui rien n'a échappé dans ses voyages ; nous y trouverons des faits moins absolus que ceux qui précèdent, et qui, par cela même, doivent inspirer plus de confiance. Au commencement d'avril, sur les bords de l'Orénoque, par une atmosphère très-humide, *aucune* scintillation ne se faisait remarquer dans les étoiles, pas même à 4 ou 5 degrés de hauteur au-dessus de l'horizon. (*Relation historique*, tome II, page 236.) Dans la vallée de Tuy (Venezuela), par 10° 17' de latitude nord, le 9 février, malgré une extrême sécheresse, M. de Humboldt voyait les étoiles scintiller jusqu'à 80 degrés de hauteur. (*Relation historique*, tome II, page 48.) Ordinairement la scintillation n'est pas sensible à *Cumana* au-dessus de 25 degrés de hauteur. Cependant, les 24 et 26 octobre, le thermomètre étant descendu rapidement à 18°, 5 R, elle devint très-apparente jusqu'au zénith. M. de Humboldt croit, en général, que, dans cette localité particulière, le phénomène se manifeste moins sous l'influence de l'humidité qu'à cause de quelque refroidissement subit de l'atmosphère. Sa cause principale serait ainsi le mélange de courants ascendants et descendants de différentes températures. (*Relation historique*, tome II, page 317.)

Ussher disait, en 1788 : *J'ai toujours remarqué que les aurores boréales rendent les étoiles singulièrement ondulantes dans les télescopes.* (*Annales de Chimie*, 1822, tome XIX, page 332.)

M. Necker de Saussure assure que les étoiles ne scintillent pas en Ecosse, à moins qu'il n'y ait une aurore boréale visible. (*Comptes rendus*, tome XII, page 348.)

Ce résultat, extrêmement singulier, mérite, à tous égards, de fixer l'attention des excellents observateurs dont l'Ecosse fourmille. Il faudra beaucoup rabattre des opinions courantes sur la scintillation au sommet des hautes montagnes, en lisant ce que rapporte Saussure de ses observations sur le *col du Géant :*

« Au col du Géant, dit le célèbre naturaliste, on vit *toujours* une scintillation « très-forte dans les étoiles voisines de « l'horizon, dans la *Chèvre* par exemple. » *Le 2 juillet, à minuit, la* Lyre, *le* Cygne, l'Aigle *et leurs égales en hauteur*, n'en avaient ABSOLUMENT AUCUNE. *Au contraire, le 6 (malheureusement l'heure n'est pas indiquée), je voyais beaucoup de scintillation à* Arcturus, *assez à* l'Aigle, *un peu au* Cygne. *La* Lyre *seule en était exempte.* (*Voyage au col du Géant*, tome IV, page 301.)

Toutes ces observations ont besoin d'être répétées par des méthodes moins sujettes à erreur. Ce sera alors seulement qu'on pourra inscrire dans la science, comme des faits constants, qu'il existe des lieux, des saisons, des jours et des hauteurs où les étoiles n'éprouvent *aucune scintillation.*

Modification que la hauteur au-dessus de l'horizon apporte au phénomène de la scintillation. — Scheiner et la généralité des

observateurs qui ont traité de la scintillation disent que les étoiles scintillent d'autant plus qu'elles sont plus voisines de l'horizon. Ceci est vrai en ce sens que le phénomène est plus facilement observable près de l'horizon qu'à certaines hauteurs. Toutefois, on trouve dans la *Micrographie* de Hooke l'observation suivante, remarquable par sa finesse : *On observe que la scintillation*, près de l'horizon, *n'est pas à beaucoup près aussi rapide, aussi soudaine dans le passage d'un état de l'étoile à l'état suivant, que dans les scintillations des étoiles situées près du zénith.*

La scintillation d'une étoile est-elle la même pour des observateurs diversement placés? — Voici comment s'explique Kepler à ce sujet, *Astronomiæ pars optica :*

Je me suis adjoint plusieurs personnes qui à l'instant où elles observaient un changement dans la lumière d'une étoile l'indiquaient par un signe. Nous avons toujours remarqué que le phénomène qui frappait l'observateur muet, était à l'instant *dénoncé par l'autre.*

Rien de plus net, de plus catégorique que ce résultat. Cependant, lorsque je me rappelle les changements excessivement rapides observés dans *Sirius*, j'ai peine à concevoir la possibilité de l'expérience, certainement très-intéressante, faite par Kepler et ses collaborateurs. Cette expérience ne contribua pas peu, je suppose, à persuader Kepler que la scintillation n'est pas un phénomène atmosphérique, et qu'elle dépend, en très-grande partie, de *changements réels* qui s'opèrent dans la substance des astres. Elle mérite donc d'être répétée. Voici, ce me semble, comment on pourra s'y prendre : on se servira, non pas d'une lunette ordinaire, mais d'un *héliomètre*, c'est-à-dire d'une lunette à objectif partagé par le milieu. On aura ainsi, à volonté, deux images distinctes d'une même étoile et vues simultanément : l'image, que je suppose formée par les rayons qui tombent sur la moitié orientale de l'objectif, et l'image provenant des rayons qui tombent sur la moitié occidentale légèrement déplacée. Cela fait, on appliquera à ces deux images le procédé que j'ai décrit quand nous nous occupions de l'image unique d'une lunette ordinaire; on les transformera en deux rubans lumineux, par une légère vibration du tuyau de l'héliomètre. Je me hasarde à prédire que les deux images en ruban seront dissemblables, contrairement au résultat de Kepler, et quoique dans cette expérience on ait soumis à l'épreuve comparative des rayons séparés originairement, non de plusieurs mètres, mais de quelques centimètres seulement.

THÉORIE.

Explication de la scintillation. — L'explication que je vais donner reposant sur des propriétés de la lumière peu connues du public, je commencerai par les signaler à l'attention du lecteur le plus clairement qu'il me sera possible. Je ferai toutefois précéder cette exposition de quelques détails indispensables sur les *couleurs complémentaires.*

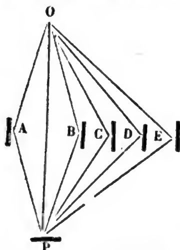
Couleurs complémentaires. — Toutes les étoiles du firmament devenant vivement colorées dans l'acte de la scintillation, il y a indubitablement quelques-uns des rayons dont leur lumière se compose, qui n'agissent pas alors sur l'œil, soit qu'ils aient été arrêtés au moment de leur pénétration dans l'organe, soit que leur effet ait été détruit avant qu'ils aient atteint la rétine, ou sur la surface même de cette membrane. Il nous sera donc utile de savoir quelle couleur prend la lumière blanche lorsqu'on en sépare quelques-uns des rayons constituants. Il existe plusieurs moyens de résoudre ce problème ; je n'en citerai qu'un seul : qu'on superpose deux lentilles de verre d'un long foyer. Si on les expose à de la lumière blanche, on verra autour du point de contact une série d'anneaux colorés, tant par réflexion que par transmission. Ces anneaux résultent de la décomposition que la lumière blanche a éprouvée aux épaisseurs diverses de la lame d'air comprise entre les deux lentilles. La partie de cette lumière qui manque dans l'anneau réfléchi se trouve en entier dans l'anneau transmis, comme on le prouve en faisant arriver simultanément à l'œil les deux séries d'anneaux provenant de deux faisceaux blancs également intenses. Alors, en effet, toute trace d'anneaux disparaît; les anneaux transmis neutralisent, ou, si on l'aime mieux, *blanchissent* les anneaux réfléchis. En comparant donc les couleurs individuelles des anneaux correspondants, des anneaux de même diamètre, réfléchis et transmis, on connaîtra une série de teintes *complémentaires*, une série de teintes qui réunies forment du blanc. On trouve dans l'*Optique* de Newton une comparaison de divers anneaux réfléchis et transmis correspondants ou de même diamètre. Voici les résultats :

Anneaux réfléchis		Anneaux correspondants transmis.
1er anneau	Rouge.	Bleu.
2e anneau	Rouge.	Bleu.
3e anneau	Rouge.	Vert bleuâtre.
4e anneau	Rouge.	Vert bleuâtre.
1er anneau	Jaune.	Violet.
2e anneau	Jaune.	Violet.
1er anneau	Vert.	Rouge.
2e anneau	Vert.	Rouge.

Il y a donc divers genres de rouge ; il existe des couleurs qui, sans cesser de porter le *nom de rouge*, peuvent avoir pour *nuance complémentaire : du bleu, du bleu verdâtre, du vert bleuâtre, du vert.* LE JAUNE *a toujours pour couleur complémentaire* LE VIOLET. En soustrayant d'un faisceau de lumière blanche une couleur élémentaire rouge, ou un ensemble de couleurs donnant à peu près la même teinte, le faisceau restant peut-être ou bleu, ou vert bleuâtre, ou vert. En soustrayant d'un faisceau blanc du jaune ou du violet, ce qui reste est res-

pectivement violet ou jaune. Ces notions sont tout ce dont nous aurons besoin pour arriver au but que nous avons en vue.

Des interférences ; des lois qui les régissent (1). — Soient O un point d'où rayonne de la lumière homogène, du rouge, par exemple ; A et B deux miroirs réfléchissants qui renvoient au même point P d'un écran les rayons également vifs OA, OB. Supposons que la figure OABP soit un losange ; que la longueur de la route OAP parcourue par l'un des rayons égale le trajet OBP qu'a fait l'autre rayon pour aller aussi de O en P.



Chaque rayon pris isolément éclaire le point P d'une certaine manière ; les deux rayons réunis y produiront une intensité bien supérieure.

Imaginons maintenant que le miroir B marche graduellement de gauche à droite, en restant toujours parallèle à lui-même. Les rayons OC, OD, etc., qu'il enverra au point P, dans chacune de ses nouvelles positions, auront parcouru des chemins OCP, ODP, etc., d'autant plus différents de OBP, ou, ce qui est la même chose, de OAP, que la position actuelle du miroir sera plus éloignée de la position primitive B. Revenons à cette position primitive et examinons attentivement P, pendant que le miroir B s'avance progressivement vers la droite. D'abord ce point était très-éclairé par suite de l'action simultanée des rayons OAP et OBP ; ensuite son intensité diminue peu à peu et d'une manière graduelle à mesure que le miroir se déplace ; bientôt enfin on arrive à une position C pour laquelle P est d'une obscurité complète, quoique deux rayons OAP et OCP viennent s'y croiser. Dès qu'on a dépassé la position C, la lumière en P renaît ; elle acquiert son intensité maximum quand le miroir est en D, par exemple, et disparaît une seconde fois si l'on atteint la position E ; le mouvement continué dans le même sens au delà de E donne indéfiniment lieu à des apparitions et à des disparitions successives de la lumière au point P. Pour mettre dans une entière évidence les conséquences qui découlent inévitablement de cette expérience, arrêtons-nous un instant à l'une des positions C du miroir réfléchissant, pour laquelle P est complétement obscur, et plaçons successivement un écran opaque sur les chemins OAP et OCP ; nous constaterons ainsi que *chacun* de ces rayons pris isolément, éclaire parfaitement le point P. ; l'obscurité résulte de leur réunion.

Deux rayons lumineux homogènes partant d'un même point peuvent donc, *suivant les circonstances*, s'ajouter, se détruire en partie ou *s'anéantir complétement* ; on peut, quelque extraordinaire que cela puisse paraître, produire de l'obscurité en ajoutant de la lumière à de la lumière. L'action par laquelle deux rayons s'ajoutent ou se détruisent a été appelée du nom d'*interférence*. En quoi consistent maintenant les *circonstances* qui font que deux rayons de même origine s'ajoutent ou se détruisent ? Ces circonstances sont les différences des chemins, parcourus par ces rayons depuis leur commune origine jusqu'au point de leur croisement en P sur l'écran.

Les rayons s'ajoutent lorsque la différence des chemins parcourus est nulle. Soit d la première, la moindre différence de chemins parcourus, pour laquelle les rayons s'ajoutent de nouveau, c'est-à-dire la différence correspondant au miroir réfléchissant D. Les rayons s'ajouteront pour toutes les différences de routes comprises dans la série :

$$o, \quad d, \quad 2d, \quad 3d, \quad 4d, \quad \text{etc.}$$

Ils se détruiront, au contraire, complétement, pour toutes les différences de chemins parcourus, comprises dans la série :

$$\tfrac{1}{2}d, \quad d+\tfrac{1}{2}d, \quad 2d+\tfrac{1}{2}d, \quad 3d+\tfrac{1}{2}d, \quad \text{etc.}$$

Pour les différences de routes d'une valeur comprise entre les termes de ces deux séries, les rayons s'ajouteront ou se détruiront partiellement.

Le résultat de la réunion de deux rayons sera d'autant plus près de son maximum d'éclat, d'autant plus près d'un anéantissement absolu, que la différence des chemins parcourus approchera davantage d'un des termes de la série :

$$o, \quad d, \quad 2d, \quad 3d, \text{ etc.},$$

ou de deux de la série :

$$\tfrac{1}{2}d, \quad d+\tfrac{1}{2}d, \quad 2d+\tfrac{1}{2}d, \text{ etc.}$$

La quantité d qui détermine les circonstances périodiques d'addition ou de soustraction de deux rayons, varie avec leur couleur, ce qui revient à dire, géométriquement parlant, que les positions C, D, E, etc., du miroir réfléchissant mobile de droite, correspondantes, respectivement : 1° à la première destruction des rayons croisés ; 2° à leur addition ; 3° à une seconde destruction, etc., sont différentes suivant la place qu'occupent dans le spectre prismatique les rayons sur lesquels on opère. En point de fait, on trouve que la quantité d est égale à 0^{mm},00041 pour les rayons violets

(1) La disposition des miroirs que la figure représente n'est pas celle à laquelle les physiciens ont ordinairement recours pour vérifier les lois des interférences. Mais celle que j'ai adoptée ici me paraît plus propre à rendre les phénomènes sensibles aux personnes peu habituées aux considérations géométriques.

extrêmes ; à 0mm00049 pour le bleu verdâtre ; à 0mm,00053 pour le vert jaunâtre ; à 0mm00060 pour l'oranger rouge ; et à 0mm00064 pour le rouge extrême. Le changement total de *d*, du violet extrême au rouge extrême, est donc de 0mm00023. Substituons au point rayonnant O, d'où partait de la lumière homogène, un point rayonnant d'où émanera de la lumière blanche, et recommençons la même série d'essais en faisant marcher de nouveau le miroir B vers la droite. Dans la position initiale B, les rayons de *toute couleur* que ce miroir réfléchit, sont d'accord en P avec ceux que réfléchit le miroir A. Le point P est donc très-brillant et blanc. En marchant graduellement de B vers la droite, le miroir arrive d'abord à une position correspondante à la destruction des rayons violets. Le point P est alors blanc, *moins violet*, c'est-à-dire *jaune*. Quand le miroir arrive à la position correspondante à la destruction des rayons rouges, P sera du blanc moins le rouge, ou *du bleu*, et ainsi de suite pour toutes les positions intermédiaires. Rigoureusement parlant, pour déterminer les couleurs du point P, résultant de la suppression des rayons violets, rouges, etc., il faudrait tenir compte des affaiblissements partiels éprouvés par les rayons qui, dans l'ordre prismatique, occupent des places voisines des rayons annulés. Le blanc résulte, en effet, de mélanges qui ont besoin d'être complémentaires, non-seulement en couleur, mais encore *en intensité*. Mais ces détails minutieux sont inutiles, quant au but que nous nous proposons. Il nous suffit d'avoir montré que deux rayons blancs de même origine donnent, par leur superposition, du rouge, du jaune, du bleu, etc., suivant que la différence des chemins parcourus par ces deux rayons a telle ou telle valeur.

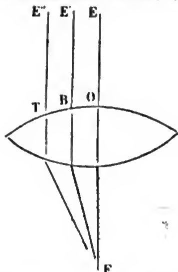
Passons à d'autres considérations non moins curieuses. La différence des chemins parcourus par deux rayons n'est pas le seul élément qui détermine le mode de leur interférence. La *nature*, ou plutôt la *réfringence* des milieux traversés, joue aussi un rôle essentiel dans le phénomène.

Reprenons notre premier appareil, et plaçons sur le trajet des rayons, deux tubes d'une égale longueur, fermés hermétiquement par des plans de verre de même épaisseur. Supposons encore qu'il ne parte du point rayonnant O que de la lumière homogène. Tout étant égal de part et d'autre, si l'air renfermé dans les deux tubes est le même, également pur, et à la même densité, les expériences réussiront exactement comme avec l'appareil primitif; l'interposition des deux plaques de verre qui ferment le tube de gauche ; l'interposition simultanée des plaques de verre *toutes pareilles* qui ferment le tube de droite, ne changent nullement le caractère du phénomène ; les rayons homogènes qui, partis de O vont se croiser au point P, sont d'accord, ils y produisent une lumière très-intense. Supposons maintenant qu'on établisse une communication entre le tube de gauche et une machine pneumatique, à l'aide de laquelle on puisse diminuer graduellement la densité de l'air contenu dans ce tube. En faisant fonctionner la machine, le point P sera successivement éclairé et obscur ; éclairé pour une certaine série de densités de l'air ; obscur pour une autre série. On observera soigneusement cette circonstance importante, que la série de densités qui correspond aux destructions ou aux additions successives des rayons, est différente suivant les couleurs ; qu'une densité pour laquelle les rayons rouges sont anéantis laisse intacts les rayons bleus, en sorte que si le point O, au lieu d'émettre des rayons homogènes, émet de la lumière blanche, le point P, pendant le mouvement graduel de la pompe, passera, à autant de reprises qu'on le voudra, par toutes les couleurs prismatiques : par le rouge, quand la densité de l'air dans le tube de gauche correspondra à la destruction des rayons verts ; par le jaune, quand, à raison de cette même densité, ce seront les rayons violets qui se détruiront mutuellement, etc. Je dois ajouter que ces curieux phénomènes ont lieu, pour des différences de densités très-minimes, même avec des tubes de très-petites longueurs, comme d'un mètre par exemple. Avec cette longueur, il suffit d'une diminution d'environ un millimètre dans la force élastique de l'air contenu dans le tube de gauche, la force élastique dans l'autre tube étant de 760 millimètres, pour faire passer les rayons de la période d'accord à celle de destruction. Il faudrait une différence de densité proportionnellement plus faible si les tubes devenaient plus longs. Tout restant dans le même état, si, à force élastique égale, on renferme dans le tube de gauche de l'*air plus ou moins humide* et dans le tube de droite de l'*air plus ou moins sec*, on observera dans les interférences des rayons au point P, des effets exactement pareils à ceux qui étaient déterminés par des variations de densité. Les vapeurs provenant de l'alcool, des éthers, etc., agissant seules ou mêlées à l'air, conduiront à des résultats analogues.

Dans ces diverses expériences, nous sommes partis d'un *état initial* où les rayons provenant de O se croisaient en P, après avoir parcouru des chemins *exactement égaux* entre eux. A cet état initial on peut en substituer un autre jouissant précisément des mêmes propriétés, quoique les chemins parcourus par les deux rayons qui, partis de O, vont se croiser en P, soient très-inégaux. Il suffit, pour cela, que, si l'un des chemins, celui de droite par exemple, est plus long que le chemin de gauche, le rayon de ce dernier côté trouve sur sa route une *épaisseur suffisante d'un milieu réfringent* que celui à travers lequel le rayon de droite s'est propagé. La théorie à l'aide de laquelle on détermine les *réfringences* et les épaisseurs comparatives des milieux qui se font ainsi compensation, qui placent deux rayons dans les mêmes conditions d'interférence que s'ils avaient parcouru l'un et l'autre,

avant leur croisement des routes égales dans le même milieu, dans le vide, dans l'air, etc., doit prendre le nom de *théorie des équivalents optiques*(1).

Application de la théorie des interférences à l'explication de la scintillation. — Voyons ce qui résulte de la *théorie des équivalents optiques*, sur la manière dont les rayons provenant d'une étoile doivent interférer dans une lunette, ou, plus simplement, voyons ce qui arrive au foyer d'une lentille de verre, car une lunette n'est autre chose qu'une lentile pareille armée d'un microscope simple ou à plusieurs verres pour étudier ce qui se passe à son foyer ; voyons, enfin, si les résultats de cet examen sont conformes à ceux que les observations des étoiles faites avec des lunettes nous ont dévoilés.



(1) Si, au lieu d'opérer sur un rayon isolé ou plutôt sur un faisceau réduit à de très-faibles dimensions transversales, à l'aide d'ouvertures percées dans des diaphragmes, on laisse deux faisceaux divergents et homogènes, ayant une origine commune, se croiser dans l'espace, on verra simultanément *des bandes* lumineuses parallèles, résultant de l'interférence des rayons qui ont parcouru des chemins égaux ou différents entre eux de o, de *d*, de 2*d*, de 3*d*, etc., et *des bandes* obscures provenant de l'interférence des rayons qui ont parcouru des chemins différant entre eux de $\frac{1}{2}d$, de $d + \frac{1}{2}d$, de $2d + \frac{1}{2}d$, etc. Substituons maintenant des faisceaux blancs aux faisceaux homogènes que nous avons d'abord employés, et des bandes colorées de toutes les nuances prismatiques viendront se placer les unes à côté des autres ; et la bande centrale, celle qui résulte de l'accord de tous les rayons ayant parcouru des chemins exactement égaux, se distinguera parfaitement des autres par l'absence de toute irrisation. A gauche et à droite de celle-là, le nombre de *bandes visibles* sera de cinq à six. On appelle, suivant leur rang, ces bandes situées à gauche ou à droite de la bande centrale, les bandes du premier, du second, du troisième, etc., ordre.

Lorsque la différence des chemins parcourus par les faisceaux interférents est un peu grande, on ne voit aucune trace de bandes ; mais on peut ramener les choses à l'état normal, rendre les bandes de nouveau visibles, en interposant sur la route d'un des faisceaux un milieu d'une réfrangibilité et d'une épaisseur convenables. C'est dans la détermination de la réfrangibilité, la longueur du chemin étant donnée, et dans la détermination de la longueur, la réfrangibilité étant connue, que consiste la théorie des *équivalents optiques*.

Le rayon central EO, venant d'une étoile située presque à l'infini, a parcouru, au moment où il atteint le foyer F, au chemin EOF plus court que le rayon latéral et parallèle E'B qui a traversé la lentille vers son bord pour se rendre aussi en F ; mais ce rayon central a rencontré une plus grande épaisseur de verre. Or cette plus grande épaisseur de verre fait la compensation exacte de la moindre longueur de chemin parcourue dans l'air. La compensation est la même, quelle que soit la position relative des deux rayons que l'on compare ; si l'on prend, par exemple, le rayon central et le rayon E''T.

Les rayons lumineux qui tombent sur la première surface d'une lentille, s'y réfractent, et, après une autre réfraction à la seconde surface, vont se réunir au foyer, y sont conséquemment d'accord et s'ajoutent entre eux. Il faut toutefois qu'ils aient satisfait à cette *condition expresse*, qu'à partir du point rayonnant et jusqu'à la rencontre de la première surface de la lentille, et qu'à partir de la seconde surface jusqu'au foyer, les rayons aient parcouru des milieux d'une égale réfringence. La moindre différence à cet égard peut changer complétement l'état relatif des rayons, comme lorsque nous opérions sur deux tubes, et faire entrer dans une phase de destruction, des rayons qui, sans cela, auraient été d'accord et se seraient ajoutés.

Supposons que les rayons qui tombent à gauche du centre de l'objectif aient rencontré, depuis les limites supérieures de l'atmosphère, des couches qui, à cause de leur densité, de leur température ou de leur état hygrométrique, étaient douées d'une réfringence différente de celle que possédaient les couches traversées par les rayons de droite ; il pourra arriver, qu'à raison de cette différence de réfringence, les rayons rouges de droite détruisent *en totalité* les rayons rouges de gauche, et que le foyer passe du blanc, son état normal, au vert ; que l'instant d'après, par la même cause, les rayons verts soient totalement anéantis et que le foyer, conséquemment, devienne rouge, etc. Dans l'hypothèse d'une destruction complète des rayons rouges, verts, etc., la couleur complémentaire verte, rouge, etc., dont brille le foyer F, *est très-vive*. Mais généralement, les rayons de la droite et de la gauche de l'objectif, au lieu de s'anéantir en totalité par leur interférence, ne se détruisent qu'en partie. Dans ce cas, on aura encore coloration du foyer, mais elle sera *moins intense* et elle dépendra des mêmes causes. J'ai établi, par des expériences rapportées ailleurs, qu'il suffit que la destruction par interférence des rayons rouges, verts, etc., porte sur le *vingtième* d'un faisceau, pour que le foyer F où ce faisceau total se réunit, paraisse sensiblement coloré. Il doit donc suffire que les couches atmosphériques affectent convenablement et par intermittence, à raison de leur inégalité de réfringence, un vingtième des rayons qu

brasse la surface d'une lentille, pour que le point focal acquière successivement différentes nuances prismatiques. Or, si l'on songe à la grande longueur du trajet qu'a parcouru la lumière depuis les limites supérieures de l'atmosphère jusqu'à la lentille ; à la très-petite différence comparative de réfringence qui suffit pour faire passer deux rayons de la période d'accord à celle de destruction ; à l'effet des vents amenant sans cesse, pour modérés qu'ils soient, des couches atmosphériques nouvelles en face de la lentille ; on ne s'étonnera pas qu'en observant *Sirius*, étoile assez basse dans nos latitudes, on ait noté jusqu'à trente changements de couleur par seconde. Il faudra plutôt chercher comment, dans certains climats, le foyer de la lentille reste invariable en intensité et en couleur, si tant est que le fait soit réel.

Voilà donc le résultat théorique parfaitement d'acord avec les observations ; voilà le phénomène de la scintillation dans une lunette, rattaché d'une manière intime à la doctrine des interférences. Que l'on veuille bien remarquer maintenant que l'œil peut être assimilé à une lentille ayant à son foyer un écran nerveux nommé *la rétine*, et l'on reconnaîtra que tout ce que nous avons dit de la grande lentille, partie principale de la lunette, est applicable à l'œil ; il suffira, pour que l'image d'une étoile se colore en vert, par exemple, que dans le faisceau de lumière parallèle blanche qu'embrasse la surface de la pupille, un vingtième se trouve dans la condition de destruction des rayons rouges ; l'image de l'étoile deviendra rouge, au contraire, lorsque la destruction de lumière à la surface de la rétine portera sur les rayons verts, etc. Si enfin, par voie d'interférence, les rayons blancs arrivant à la pupille par la gauche deviennent rouges et les rayons de droite deviennent verts, ces deux couleurs se neutraliseront, et l'effet définitif sera un changement d'intensité. Le faisceau dont la pupille permet la libre introduction dans l'œil est à la vérité très-étroit ; les rayons qui doivent se détruire sont presque contigus ; ils ont donc traversé des régions de l'atmosphère qui se touchaient ; mais ces circonstances ne constitueront pas une difficulté si l'on se rappelle combien est long le trajet qu'ont fait les rayons dans l'atmosphère avant d'atteindre l'œil, et combien peut être légère la différence d'état individuel de ces couches, sous le rapport de la densité, de la température, de l'état hygrométrique, sans qu'*en somme* elles cessent d'être une fois favorables à la destruction de la lumière rouge, une autre fois, à la destruction de la lumière verte, et ainsi de suite.

Je n'ai fait intervenir la différence de chemins parcourus par les rayons, ni dans l'explication de la scintillation à l'œil nu, ni dans l'explication de la scintillation qui s'opère au foyer d'une lunette. Ces différences, si elles ont lieu, devraient être prises en considération ; or il est évident que de très-légères inégalités de routes existent quelquefois. En effet, les étoiles éprouvent souvent, dans les lunettes, un très-petit déplacement vertical que les astronomes appellent une *ondulation*, et qui dépend évidemment d'une augmentation ou d'une diminution accidentelle dans la réfraction normale. Or supposons qu'un rayon dont la réfraction a été troublée *en plus* dans un certain point de l'atmosphère, éprouve plus tard, dans un autre point, une perturbation *en moins* qui compense la première perturbation ; ce rayon ira au foyer de la lunette rencontrer un rayon normal, un rayon qui n'aura subi aucun trouble dans sa marche, qui n'aura pas éprouvé, si l'expression m'est permise, le *mouvement d'anguille* d'où peut résulter une différence de route propre à produire une interférence positive ou négative. La même chose peut être dite des rayons qui ont été déviés latéralement, déviation à l'aide de laquelle on explique comment l'image d'une étoile *s'étale, s'épanouit* parfois, subitement et pour de très-courts instants. Ce sont là des causes microscopiques, presque insaisissables, et qui cependant amènent des changements d'intensité et de couleur manifestes.

Dans le chapitre où j'ai décrit les phénomènes de la scintillation tels qu'ils se montrent dans une lunette, j'ai particulièrement insisté sur les effets singuliers résultant d'une diminution convenable dans l'ouverture de l'objectif, et qui s'observent en enfonçant graduellement l'oculaire. J'ai fait remarquer, de plus, que dans la succession de points lumineux et obscurs qu'on découvre ainsi graduellement dans le centre de l'image, les points obscurs *doivent* résulter de l'interférence des rayons directs, avec d'autres rayons déviés latéralement par les bords de l'ouverture placée devant l'objectif ; enfin on a vu que les points obscurs deviennent de temps en temps lumineux et que les points lumineux, à leur tour, disparaissent de temps en temps. Revenons un moment sur nos pas ; voyons en quoi consistent, au fond, les observations que nous avons faites à différentes distances du foyer d'une lunette, et quelles conclusions on doit en tirer. Supposons que les rayons, à très-peu près parallèles entre eux, qui partant d'une étoile tombent sur les circonférences de cercles concentriques dont la surface de l'objectif d'une lunette est composée, soient réduits à des lignes sans dimension comme l'avaient admis jusqu'ici tous les physiciens partisans du système de l'émission, qui s'étaient occupés de la théorie des lunettes. Ces rayons forment, après leur réfraction, au sortir de cette lentille, des cônes concentriques dont les sommets coïncident au foyer. Dans ce foyer, tous les rayons se trouvent réunis et concordants ; à partir de ce point, ils sont d'autant plus écartés qu'on se rapproche davantage de l'objectif, où se trouvent les bases des cônes. Les sections circulaires faites par des

plans parallèles à ces bases et de plus en plus éloignés du sommet commun, sembleront donc de moins en moins brillantes, mais avec cette circonstance essentielle, qu'il n'y a pas un point de ces sections qui ne reçoive un rayon, qui ne soit éclairé. Ce résultat paraît démenti par les observations rapportées plus haut. En examinant avec l'oculaire, sorte de microscope, les sections circulaires faites dans les cônes lumineux, à diverses distances du foyer, nous avons trouvé une section où le centre était entièrement obscur; une seconde section plus voisine de l'objectif, où le centre était lumineux; une troisième section à centre obscur, et ainsi de suite.

Comment concilier des observations aussi nettes, aussi catégoriques, et desquelles il résulte que l'axe des cônes, à différentes distances du foyer, est *successivement* obscur et lumineux, avec les lois géométriques du mouvement des rayons, qui nous présentent cet axe lumineux partout? Il n'y a dans le système de l'émission qu'un moyen pour cela : c'est de supposer que des rayons déviés par les bords de l'ouverture placée devant l'objectif, ou des rayons de toute autre origine, vont croiser les premiers et les *détruire* en quelques points. Il faut de plus que ces destructions en un point donné n'empêchent pas les rayons de renaître au delà ! Cette double conséquence peut paraître étrange, mais c'est l'expression logique et nécessaire des faits. Elle sera d'ailleurs justifiée plus loin.

Scintillation des planètes. — Supposons qu'on regarde avec une lunette à ouverture réduite les planètes Jupiter et Saturne qui ne scintillent évidemment pas ou ne scintillent qu'exceptionnellement; ces planètes ne présenteront aucun des effets que nous avons décrits quand il s'agissait des étoiles. En transformant la planète en rubans lumineux, comme dans l'expérience de Nicholson, on ne voit de couleur dans aucun point. Le déplacement du foyer ne donne jamais naissance à ces images percées de trous obscurs, que nous avons décrites précédemment en détail. Quand la planète a, comme Mars, un petit diamètre, on voit quelques traces de ces phénomènes d'interférence, mais sans une netteté suffisante.

Une planète est une agglomération de points lumineux; les rayons partant de chacun de ces points semblent devoir éprouver des effets analogues à ceux que nous avons décrits en nous occupant des étoiles. Il faut cependant remarquer que lorsqu'il s'agissait d'un de ces derniers astres vu à l'œil nu, des rayons parallèles interférents provenant de l'étoile n'étaient séparés au maximum, dans leur trajet à travers l'atmosphère, que d'une quantité égale au diamètre de la pupille, et que dans le cas d'une observation faite avec une lunette, ce maximum de distance des rayons interférents était égal au diamètre de la portion libre de l'objectif. Les rayons qui concourent à la formation de chacun des points de l'image d'une planète, soit à l'œil nu, soit dans une lunette, sont précisément dans le même cas; mais il y a une différence essentielle quand on compare ensemble les rayons qui ont formé l'image d'un de ces points à ceux qui ont produit l'image d'un autre point. Considérons, par exemple, le faisceau de rayons parallèles qui a concouru à la formation de l'une des extrémités du diamètre horizontal de Jupiter. Si ce diamètre est de 40 secondes, le faisceau de rayons parallèles qui produira l'image de l'autre extrémité du diamètre, fera, avec le premier, un angle de 40 secondes. Ce dernier n'a donc pas traversé exactement les mêmes couches atmosphériques que le premier dans une grande partie de son trajet. On en pourrait dire tout autant des faisceaux qui ont formé les deux extrémités du diamètre vertical, et, sauf la quantité, de ceux qui se réunissent dans tous les points de l'image. L'agglomération d'étoiles à laquelle nous avons assimilé le disque de la planète n'est exacte qu'à la condition de supposer que les rayons de ces différentes étoiles n'ont pas traversé des couches atmosphériques presque contiguës. Les scintillations, déjà si diverses dans le cas de la contiguité, doivent être plus dissemblables encore dans le cas que nous considérons; de leur ensemble doit résulter du blanc et une intensité à peu près constante.

Encore un mot pour rendre, s'il est possible, cette explication plus claire. L'expérience de Nicholson nous a montré qu'à chaque instant l'intensité de la couleur d'une étoile est, à cause de la durée de la sensation dans l'œil, la résultante de l'intensité et de la coloration que l'étoile a reçue par l'effet des interférences pendant un dixième de seconde. Si l'on parvenait à réunir les images de deux étoiles occupant dans le ciel des positions différentes, la résultante varierait moins que sur chaque étoile prise isolément; il en serait de même à chaque addition d'une nouvelle étoile. Enfin, lorsque le nombre de ces étoiles dont l'agglomération se composerait, dépasserait une certaine limite, l'image paraîtrait blanche et d'un éclat uniforme. Or, qu'est-ce qu'une planète vue à l'œil nu, si ce n'est une pareille agglomération d'étoiles? Il semble seulement que sur les bords du disque, vu avec une lunette, chaque point devrait offrir des traces manifestes d'interférence; or c'est ce qui a lieu en effet. Les ondulations que présentent les planètes sur leur contour, et qu'on a l'habitude d'attribuer exclusivement à des inégalités de réfraction, dépendent, en partie, des interférences de la lumière. C'est ce que je me réserve de prouver dans un mémoire spécial.

Scintillomètres. — Les destructions intermittentes de la lumière dans un point déterminé de l'axe d'une lunette se rattachent d'une manière intime à la cause de la scintillation, et peuvent même servir à sa me-

sure. Nous n'avions d'abord cité ces changements qu'en point de fait. Nous pouvons maintenant faire un pas de plus, nous pouvons les rattacher, avec une très-grande probabilité, à de légères inégalités intermittentes de réfrangibilité dans les milieux traversés par les rayons interférents, ou à de très-petites différences des routes parcourues et perpétuellement changeantes de ces mêmes rayons, c'est-à-dire aux vraies causes de la scintillation. Les changements des points obscurs en points lumineux, et des points lumineux en points obscurs, peuvent, je crois, servir, avec les précautions convenables, à donner la mesure du phénomène, à servir de base à la construction d'un *scintillomètre.*[1]

Premier scintillomètre. — Supposons que l'on vise à une étoile, ou à un objet qui ne scintille pas, avec une lunette achromatique de 1m,70 de distance focale, dont l'objectif, de 91 millimètres par exemple, ait été réduit à 47 millimètres, à l'aide d'une plaque percée d'une ouverture. Nous avons déjà dit que la forme qu'affectera l'image de cette étoile sera variable, et dépendra de la position de l'oculaire. Partons de celle où l'étoile offre un disque planétaire entouré d'une série d'anneaux très-étroits d'une lumière vacillante. On est alors au foyer. Si, à partir de cette première position, on approche graduellement l'oculaire de l'objectif, on trouve une deuxième position, dans laquelle le centre de l'image sera noir. Dans une troisième position, qui succédera à la précédente, le centre de l'image sera lumineux. Le mouvement dans le même sens conduira à une quatrième image avec un centre obscur, et ainsi de suite.

Pour déterminer la deuxième position, celle dans laquelle l'image de l'étoile est percée d'un trou entièrement noir, on peut, au lieu de l'observation directe, fixer l'oculaire au milieu de l'intervalle qu'il occupait pour la première et la troisième forme de l'astre. Supposons que l'oculaire occupe exactement cette position intermédiaire, et qu'on vise à une étoile scintillante. La scintillation se manifestera par des réapparitions accidentelles du point lumineux. Ces réapparitions auront lieu, dans un temps donné, d'autant plus fréquemment que la scintillation sera plus forte. Je vais rapporter ici des observations de ce genre faites à ma prière par MM. Goujon et Ch. Mathieu.

Noms des étoiles.	Hauteur au-dessus de l'horizon.	Nombre des apparitions en 5 minutes.
	14 Janvier 1851.	
Sirius.	20°	40
Rigel.	31°	17
Aldébaran.	57°	13
La Chèvre.	81°	8
	15 Janvier 1851.	
Sirius.	24°	23
Procyon.	46°	11
Régulus.	54°	15
δ Petit Lion.	74°	6
	22 Janvier 1851.	
Sirius.	24°	23
Procyon.	46°	20
α Orion.	48°	15
Pollux.	69°	12
	22 Mars 1851.	
Sirius.	18°	30
Procyon.	40°	20
Pollux.	65°	9
Wéga.	74°	6
La Chèvre.	78°	5
	16 Octobre 1851.	
Fomalhaut.	10°50'	30
	8. 0	31
	5.40	35
	17 Octobre 1851.	
Rigel.	21° 0'	25
	28 30	22
	35. 0	20
α Orion.	24°30'	21
	32.30	20
	44.45	18
Aldébaran.	44° 0'	18
	50.30	16
	55.30	15
	1er Novembre 1851.	
Sirius.	8°39'	30
	12.48	28
	17.30	26

Répétons que ces nombres ont été obtenus en comptant les réapparitions du point central pendant un intervalle de temps de cinq minutes.

J'avais conclu de considérations théoriques que si, au lieu de laisser l'oculaire dans la position où ont été faites les observations précédentes, on l'avait placé entre cette position et la troisième, les réapparitions du point lumineux devraient être plus fréquentes pour une scintillation de même intensité. Ces prévisions ont été complétement confirmées, ainsi qu'on va le voir.

Noms des étoiles et hauteurs au-dessus de l'horizon.		Première position de l'oculaire.	Deuxième position de l'oculaire
		13 Mars 1851.	
Sirius.	21°..	18	40
Procyon.	47°..	12	20
Arcturus	50°..	12	20
Pollux.	69°..	7	15
		15 Mars 1851.	
Sirius.	17°..	16	30
Procyon.	40°..	12	20
Pollux.	58°..	6	12
		1er Novembre 1851.	
Sirius.	9° 3'	»	43
	13. 5	»	37
	17.53	»	33

En suivant de l'œil tous ces résultats numériques, il me paraît impossible qu'on ne voie pas, en dehors de toute considération théorique, qu'il existe une dépendance immédiate entre les réapparitions du point lumineux et la scintillation, et que ces réapparitions peuvent être, jusqu'à un certain

point, la mesure du phénomène. Sous ce rapport, la lunette modifiée comme nous l'avons expliqué devait prendre le nom de *scintillomètre.* Avec cet instrument, on pourra décider quels sont les climats, les saisons, les hauteurs, les circonstances atmosphériques où la scintillation disparaît totalement; si tant est qu'on ne se soit pas fait illusion à cet égard.

Deuxième scintillomètre. — On pourrait former aussi un scintillomètre en développant une étoile en ruban suivant la méthode de Nicholson. On a vu que ce physicien faisait décrire à l'étoile une courbe rentrante dans l'intervalle d'un dixième de seconde ; il distribuait ainsi sur le contour de cette courbe les images successives et de couleur différente qui se formaient en un point unique et se compensaient, quant à la couleur, dans l'intervalle d'un dixième de seconde. Mais il paraît bien difficile de dénombrer exactement les couleurs ainsi distribuées dans une courbe qui, à l'œil, occupe un grand espace. Il vaudrait mieux, pour rendre le dénombrement possible, faire parcourir à l'étoile une partie seulement de la courbe qu'elle paraissait décrire dans la première expérience, le dixième, par exemple. Supposons qu'à partir d'une position de la lunette, on la déplace en un *vingtième* de seconde, de manière que dans ce court espace de temps l'étoile semble décrire dans le champ une ligne droite qui occupe 2 minutes. Cet espace angulaire renfermera les images diversement colorées qui auraient pris naissance dans un vingtième de seconde et se seraient superposées si la lunette était restée immobile. On peut compter le nombre de ces images de couleurs diverses, répéter l'expérience dix fois, par exemple, et prendre la moyenne ; on aurait ainsi la vraie mesure de la scintillation. C'est aux artistes à choisir le meilleur moyen d'assurer le mouvement angulaire de la lunette ou de l'oculaire qui produirait un tel allongement de l'étoile égal à 2 minutes, et de s'assurer du temps (un vingtième de seconde) pendant lequel le mouvement s'opérerait. S'il m'était permis d'émettre une opinion à ce sujet, je proposerais de placer un peu en avant du foyer de la lunette, c'est-à-dire entre l'objectif et le foyer, un petit miroir plan incliné de 45 degrés, et qui rejetterait l'image de l'étoile latéralement sur un oculaire préparé *ad hoc*. C'est la disposition à laquelle on a recours toutes les fois qu'on veut observer avec de petits instruments des étoiles situées près du zénith. Un mouvement de rotation imprimé à ce miroir à l'aide de quelque rouage d'horlogerie conduirait au but. Au lieu d'un miroir on pourrait se servir d'un prisme rectangulaire de verre, sur l'hypoténuse duquel s'opérerait la réflexion totale. Afin que l'observation portât toujours sur la même étendue de l'image allongée de l'étoile, on bornerait l'étendue du champ à 2 minutes avec deux plaques métalliques placées convenablement par rapport à l'oculaire.

Troisième scintillomètre. — Une troisième manière de mesurer la scintillation consisterait à observer l'image dilatée d'une étoile lorsque l'objectif n'est pas réduit, lorsqu'il conserve toute son ouverture, et à noter le nombre de fois que cette image est pour ainsi dire parcourue par des images colorées qui paraissent se mouvoir sur l'image dilatée dans un sens ou dans l'autre.

J'ai donné, à l'occasion des observations de Simon Marius et de Nicholson, une description détaillée de ce phénomène. On peut, je crois, l'expliquer de cette manière. Lorsque toute la lumière tombée sur l'objectif est réunie au foyer, les interférences des rayons provenant du bord oriental, du bord occidental, du bord supérieur, du bord inférieur, etc., de la lunette, sont nécessairement confondues. Si l'image, au contraire, est observée hors du foyer, en d'autres termes, si elle est dilatée, les interférences des rayons provenant des divers points de l'objectif pourront être observées séparément ; et comme les couches atmosphériques dont la densité, l'humidité, la température, déterminent la nature des interférences, ne restent pas immobiles, on doit voir les couleurs qui sont nées sur un des bords par exemple, se propager sur toute l'étendue de l'image dilatée dans un temps égal à celui que les couches atmosphériques en question ont mis à se déplacer, d'une quantité équivalente au diamètre de l'objectif de la lunette. Telle est en substance l'explication que je pense pouvoir donner des phénomènes observés.

Quoi qu'il en soit de ce troisième scintillomètre, je puis engager de nouveau les voyageurs à recourir à l'un quelconque de ces trois moyens, surtout au premier, pour décider définitivement s'il existe des pays dans lesquels les étoiles ne scintillent pas du tout.

Examen des explications qui avaient été données jusqu'ici du phénomène de la scintillation.

Quand on cherche l'explication de phénomènes du monde physique, de phénomènes dont il serait possible qu'on pût rendre un compte satisfaisant de plusieurs manières différentes, avoir exposé sa propre théorie ne suffit pas ; il faut, de plus, montrer l'insuffisance des explications qui l'avaient précédée. Tel est le but de ce chapitre. Je dois dire, une fois pour toutes, à la décharge de plusieurs auteurs dont j'ai réfuté les théories, que j'ai tiré mes objections d'observations récentes qui ne leur étaient pas, qui ne pouvaient pas leur être connues.

Explication d'Aristote.

Géminus a donné, dans l'extrait suivant du *second livre d'Aristote sur le ciel*, les idées de ce philosophe au sujet de la scintillation. J'emprunte la traduction de Halma :

La vue, en s'étendant fort loin, vacille par suite de sa faiblesse : c'est la cause de la scintillation apparente des étoiles fixes et de ce que les planètes ne scintillent pas ; car les planètes sont proches de nous. Le trem-

blement de notre vue fait paraître les étoiles en mouvement; car l'effet est le même, soit que la vue soit en agitation, ou que ce soit l'objet aperçu qui s'agite.

Le passage précédent serait tout à fait inintelligible si nous ne rappelions ici qu'une certaine école de l'antiquité croyait que nous voyons par des rayons, par des sortes de tentacules partant de nos yeux et allant embrasser les objets. Dans cette hypothèse, disait-on, la vue est d'autant plus ferme que les objets sont plus près. Les rayons, les tentacules flexibles qui se saisissent facilement d'une planète, doivent trembler lorsqu'ils se prolongent jusqu'aux étoiles. Une pareille théorie n'a pas besoin d'être réfutée. On ne la cite même ici que pour montrer jusqu'où a pu aller l'égarement des hommes du plus grand génie, lorsqu'ils n'ont pas pris l'expérience pour guide; on ne la rappelle que pour servir à l'histoire de l'esprit humain.

Ptolémée.

Ptolémée, d'après ce que rapporte Roger Bacon, s'était occupé de la scintillation dans sa *Perspective*, dont je crois qu'il ne nous est arrivé que des fragments; mais il n'avait pris la question que par un très-petit côté. Ptolémée voulait seulement expliquer pourquoi les étoiles scintillent davantage à l'horizon : c'est, disait-il, parce qu'elles paraissent plus éloignées; parce que l'œil fait de plus grands efforts pour les voir; parce que de là résulte une trépidation de l'organe, et dès lors le tremblement des objets. *Admettons*, ainsi que le veut l'auteur de l'*Almageste*, que les étoiles situées près de l'horizon *paraissent* plus éloignées, l'œil *doive* faire un plus grand effort pour les voir; nous n'en aurons pas moins le droit de demander comment ce plus grand effort amènera un changement d'intensité, et surtout un changement de couleur. Le mot *trépidation* dont se sert l'auteur n'ajoute rien à la valeur de son explication, puisqu'il ne dit pas en quoi cette trépidation consiste. J'ai montré d'ailleurs surabondamment que ce n'est pas un tremblement qui constitue réellement la scintillation.

Averrhoës.

Averrhoës dit, dans son livre *du Ciel et du Monde*, que la densité des milieux traversés par les rayons lumineux *contribue* à la scintillation des astres dont ils émanent; que ces milieux étant animés d'un mouvement continuel, font tomber les images en divers points de l'œil; que l'effort fait pour voir un objet très-éloigné, met l'œil dans une position forcée et tremblante; qu'enfin la vision intermittente résultant de la fermeture et de l'ouverture des paupières, est aussi une des causes de la scintillation. Cette analyse de l'explication d'Averrhoës, que j'emprunte à Roger Bacon, est sujette à des difficultés insurmontables. Je ne parle pas de la position forcée et tremblante de l'œil : on a vu, dans l'article de Ptolémée, ce qu'il faut en penser; mais je m'élève contre l'idée que les ondulations de l'air contribuent à la scintillation, en faisant tomber les rayons sur divers points de l'œil; car si ces points étaient très-voisins, le déplacement ne serait pas visible, et s'ils étaient éloignés, l'étoile oscillerait énormément dans une lunette, ou s'y montrerait sous la forme d'une *ligne lumineuse*. La fermeture et l'ouverture successive des paupières doivent être également écartées, comme étant sans effet dans les lunettes, où la scintillation s'observe cependant, et comme devant produire une égale scintillation à toutes les hauteurs et dans tous les climats, ce qui est contraire aux observations. Averrhoës, d'ailleurs, ne mentionne pas les couleurs, partie si essentielle du phénomène.

Alhazen et Vitellion.

Alhazen et son commentateur Vitellion regardaient la scintillation comme un effet de la réfraction que les rayons des étoiles éprouvent dans l'atmosphère. Cette réfraction n'étant pas toujours la même, les étoiles doivent, disaient-ils, paraître en mouvement.

La preuve qu'aux yeux de ces deux observateurs la scintillation était un mouvement, se trouve dans le passage où Vitellion assure que la scintillation est énorme quand on observe l'image d'une étoile *réfléchie sur une nappe d'eau un peu agitée*. Un *mouvement* visible à l'œil nu deviendrait très-considérable dans une lunette; or les étoiles scintillent quelquefois beaucoup sans osciller d'une manière sensible. Cette seule remarque suffit pour montrer le peu de fondement d'une explication dans laquelle, d'ailleurs, on n'essaye même pas de rendre compte des couleurs. Vitellion, imbu des idées d'Aristote, ne manquait pas de ranger l'*incertitude* de la vue, à la distance des étoiles, au nombre des causes qui favorisaient la scintillation; il rappelait aussi que, suivant la philosophie péripatéticienne, il existe *sous le ciel* une région ignée où tout est dans une agitation perpétuelle, en sorte que les rayons lumineux qui traversent cette région, les rayons des étoiles, doivent être déviés et éparpillés, tandis que les planètes, situées entre ce ciel igné et la terre, ne peuvent manquer de briller d'une lumière pure et tranquille.

Je croirais faire injure à mes lecteurs si je m'arrêtais à réfuter en détail les deux causes de la scintillation ajoutées par Vitellion à celles d'Alhazen : l'incertitude de la vue produite par la distance, et ce ciel igné situé entre la région des étoiles et celle des planètes.

Aguilonius et Aversa.

Franciscus Aguilonius attribue la scintillation à un mouvement de rotation très-rapide dans les astres où elle se manifeste; en vertu de ce mouvement, les étoiles nous présenteraient alternativement des parties brillantes et des parties obscures. Raphaël Aversa approuve l'explication; seulement,

pour rendre compte de l'existence des parties brillantes et des parties obscures des étoiles, il suppose qu'une portion de la lumière de ces astres naît dans leur intérieur et traverse divers obstacles avant d'atteindre leur surface. (*Almageste* de Riccioli.)

On peut opposer à l'explication d'Aguilonius et d'Aversa, comme à toutes celles qui font du phénomène une réalité et non une apparence, que les étoiles scintilleraient également à toutes les hauteurs au-dessus de l'horizon, ce qui est démenti par l'expérience.

Tycho.

Tycho, observateur très-habile, très-exact et très-ingénieux, n'a pas été, en général, heureux quand il a essayé de remonter à la cause des phénomènes. Ses conceptions sur la scintillation ne supportent pas plus l'examen que les idées dont je viens de donner l'analyse, et que la plupart de celles que je dois encore mentionner. *Tycho* donne pour cause principale de l'agitation de la lumière des étoiles, le mouvement de rotation dont ces astres sont animés, et qui *ne saurait manquer* d'amener la *dispersion de leurs rayons.* Les étoiles auraient, de plus, une grande quantité de facettes qui se montreraient tour à tour à nos yeux. La scintillation serait ainsi analogue à celle qu'on observe sur les facettes d'un diamant. Les planètes, ajoute-t-il, ne scintillent pas, *parce qu'elles ne tournent pas !* Qu'entend dire Tycho lorsqu'il présente le mouvement de rotation d'un astre comme cause de la *dispersion* de sa lumière? La dispersion dont il veut parler est-elle un effet de la force centrifuge, analogue à ce que présentent les *soleils* rotatifs des feux d'artifice? Sans examiner ce qu'une telle assimilation aurait d'inexact, je me contenterai de faire remarquer qu'une cause, quelle qu'elle soit, agissant perpétuellement et d'une manière continue, ne pourrait donner lieu à un phénomène intermittent et irrégulier. Tycho voulant expliquer par l'absence de mouvements de rotation pourquoi les planètes ne scintillent pas, avait apparemment oublié qu'il résultait de ses propres observations que quelquefois Mercure et Vénus scintillent fortement.

Cardan.

Cardan admit l'opinion d'Aristote sur a scintillation. *La vue prolongée au loin*, dit-il, *oscille* à CAUSE DE SA FAIBLESSE. *Les planètes sont rapprochées de nous, aussi notre vue les atteint avec toute sa vigueur ; mais elle tremble vers les étoiles à cause de leur distance. Or ce tremblement de la vue les fait paraître en mouvement, car il importe peu que ce soit la vue qui oscille ou que ce soit l'objet qu'on regarde* (Riccioli).

Nous n'avons pas pensé devoir nous arrêter à réfuter l'opinion d'Aristote. Cardan n'y a rien ajouté. Il s'est même servi, à très-peu près, des propres termes de Géminus ; nous pouvons donc passer outre.

Scaliger.

Scaliger attribuait la scintillation à cinq causes différentes : 1° à la grandeur de l'astre ; 2° à sa clarté ; 3° à son mouvement ; 4° à l'air traversé par les rayons ; 5° au mouvement de la lumière *dans l'astre.* Faire spéculativement l'énumération de toutes ces causes, vraies ou imaginaires, était chose facile ; indiquer la part de chacune d'elles dans la production de la scintillation ne l'était pas autant ; aussi Scaliger n'a-t-il point réussi. La première et la deuxième cause ne sont pas justifiées. La troisième se trouve déjà dans l'explication d'Aguilonius, et nous l'avons réfutée. Quant à la cinquième, en supposant qu'il fût établi, comme le veut Scaliger, « qu'il existe dans les corps incandescents une faculté de production intermittente de lumière, analogue à ce qui s'observe dans la déflagration de nos flammes ; » en admettant qu'il n'y eût rien de forcé et d'irrégulier dans l'assimilation d'une flamme de chandelle, à des étoiles dont le volume surpasse celui du Soleil, il y aurait toujours à se demander en quoi l'hypothèse, appuyée de la double concession que nous avons faite, contribuerait à expliquer logiquement un phénomène qui varie d'intensité avec la hauteur des astres au-dessus de l'horizon.

En venant, enfin, à l'influence de l'atmosphère, nous trouverons, quoi qu'en ait pu penser Kepler, que Scaliger donnait de la scintillation, réduite à un *simple changement d'intensité*, l'explication la plus simple, la plus vraisemblable à laquelle on pût s'arrêter à son époque, lorsqu'il disait : Les vapeurs légères, flottantes dans l'air, arrêtent partiellement et laissent passer successivement, dans tout leur éclat, les rayons des étoiles, d'où il doit résulter des changements d'intensité continuels.

Jordano Bruno.

Suivant Jordano Bruno, la scintillation appartient aux étoiles mêmes, lesquelles, d'après le sentiment de Platon, tournent autour de leur propre centre, et dont les images *doivent*, PAR CONSÉQUENT, *sautiller* (Riccioli). Le *par conséquent* que ce passage renferme est curieux. Il montre de quelles explications on se contentait dans le XVIe siècle, et ne devait être rappelé qu'à ce titre.

Galilée.

J'estime que nous philosopherons convenablement en attribuant la scintillation des étoiles à la vibration qu'elles impriment à leur lumière propre, c'est-à-dire à une lumière qui naît dans leur substance intime. (*Galilée*, t. V, pag. 17.)

Si je comprends bien ce passage, la scintillation tiendrait à une variation *réelle* et intermittente dans l'émission de la lumière des étoiles; mais alors comment expliquer la diminution constante que la scintillation éprouve avec la hauteur des astres au-dessus de l'horizon, et l'absence presque totale de scintillation dans certains climats? Il suffit de cette remarque pour renverser l'hypothèse de fond en comble.

Kepler.

Voici comment Kepler (*Stella nova*) termine son article sur la scintillation de la nouvelle étoile de 1604 :

La nouvelle étoile a surpassé toutes les autres en clarté, en pureté, en grandeur. Elle a été vue au couchant, près de l'horizon, par un air très-humide; néanmoins tout cela aurait été sans effet, si le corps de cet astre n'eût fourni à sa lumière la cause de ses scintillations et de ses couleurs; or cette cause est le mouvement très-accéléré de ce corps lui-même ou une faculté interne.

Ailleurs (*Astronomiæ pars optica*), Kepler attribue la scintillation *ou à une* altération intérieure *qu'on pourrait appeler un* paroxysme, *ou à la* révolution extérieure d'un corps opaque.

Dans plusieurs passages, il compare les étoiles à des diamants taillés à facettes, dans lesquels le moindre mouvement fait naître les couleurs de l'arc-en-ciel. Il imagine que les astres peuvent avoir des parties anguleuses, des régions inégalement lumineuses, et explique ainsi comment il n'est pas nécessaire qu'elles fassent une révolution totale à chaque scintillation. En analysant l'explication de Scaliger, Kepler range l'action de l'air au nombre des causes secondaires et sans importance du phénomène. Tout cela, avouons-le franchement, semble peu digne du génie de Kepler.

Nous avons déjà fait voir, en rappelant l'explication de Galilée, que l'hypothèse de changements réels, de *paroxysmes* dans l'émission de la lumière des étoiles, ne pouvait pas servir à rendre compte des phénomènes de la scintillation les plus simples, les plus élémentaires; la même chose peut être dite de l'hypothèse que Kepler ajoute à celle de son contemporain : *Le mouvement de révolution d'un corps opaque extérieur* devrait produire le même effet à toutes les hauteurs des astres et dans tous les pays, ce qui est contraire aux observations. La cause des couleurs reste dans une complète obscurité, malgré la comparaison empruntée à un diamant à facettes, car il y a loin de la formation d'images prismatiques par voie de réflexion, aux phénomènes que présenterait une lumière propre aux corps, en s'échappant par des surfaces inclinées.

Scheiner.

Scheiner croit que la scintillation des étoiles a pour cause unique l'absence momentanée, intermittente, de la formation des images des astres au fond de l'œil, provenant de l'interposition de vapeurs de diverses sortes. Cette explication rentre dans la quatrième cause du phénomène indiquée par Scaliger. Nous n'avons donc pas besoin de nous y arrêter davantage.

Descartes.

D'après Descartes, les tourbillons dont tous les corps célestes *sont* entourés, étant composés d'une matière fluide, tremblent et ondoient à leur surface. Dès lors, les étoiles qu'on voit à travers doivent paraître *étincelantes et comme tremblantes;* il pense même qu'il doit en résulter un agrandissement; ainsi, dit-il, qu'on le remarque dans l'image de la lune réfléchie à la surface d'un lac crispée par le souffle de quelque vent (t. IV, p. 323, édition de Paris). Admettons que les tourbillons *fluides et ondoyants* existent; admettons que la scintillation consiste dans un *tremblement* de l'image des astres, l'explication de Descartes n'en portera pas moins à faux. Pour le prouver, il me suffira de citer de nouveau une remarque dont j'ai déjà fait un fréquent usage pour réfuter les théories des prédécesseurs de notre illustre compatriote. Les tourbillons produiraient nécessairement le même effet, quelle que fût la hauteur des étoiles au-dessus de l'horizon : or cela est démenti par l'observation; il n'est donc pas besoin de s'arrêter davantage sur le phénomène que Descartes appelle le *tremblement de l'image.*

Huygens.

Suivant Huygens, *la scintillation des étoiles est le résultat d'une agitation tremblante des vapeurs qui environnent notre terre* (Cosmotheoros).

Comment un homme du génie d'Huygens s'est-il persuadé qu'une phrase d'un tel vague pourrait être prise pour l'explication plausible d'un phénomène aussi compliqué que celui de la scintillation? Cela doit d'autant plus étonner, qu'Huygens était à la fois géomètre et observateur.

Gassendi.

Gassendi définit la scintillation, des *éclairs*, des *fulgurations*. Elle lui *paraît provenir uniquement* de ce que les étoiles brillent d'une lumière propre, comme le soleil; de la pureté de leur éclat qui nous parvient exempt de tout mélange, en sorte que l'œil en reçoit une vive sensation qui le met en mouvement, en vibration. D'où vient alors que Mercure scintille, que la lumière solaire *réfléchie* par une boule scintille, que les étoiles, affaiblies par les vapeurs voisines de l'horizon; scintillent plus que les étoiles élevées, que quelquefois elles ne scintillent pas? Indépendamment de ces objections, Gassendi ne s'aperçut pas qu'il substituait à une difficulté une difficulté non moins abstruse; qu'on pouvait lui demander quelle différence physique existait entre une lumière propre peu intense et une lumière empruntée très-vive, pour que l'une scintillât et l'autre ne scintillât pas, pour que l'une mît l'œil en vibration et l'autre fût sans effet. Gassendi était certainement un esprit d'élite, mais il subissait l'influence de son siècle. Quand on voulait tout expliquer avant le temps, il fallait bien se payer de mots.

Riccioli.

Riccioli pense que la scintillation ne provient *pas seulement des vapeurs et des mouvements de notre atmosphère, mais encore des poussières et des filaments opaques qui voltigent perpétuellement dans l'air.*

C'est, ce me semble, rapetisser le phéno-

mène, que de le réduire à un effet de poussières ou de filaments opaques voltigeant dans l'air. Est-ce qu'il n'y a point de scintillation en pleine mer, au sommet des plus hautes montagnes ? Est-ce qu'il n'y a pas de poussières dans les plaines de l'Arabie où les étoiles ne scintillent pas ? Je reviendrai plus loin sur cette explication, qui a été reproduite par des observateurs modernes.

Hooke.

L'auteur de la *Micrographie* publiée en 1667 avait fixé à une minute de degré la force de la vision ; il résultait de ses expériences qu'un objet circulaire ou carré d'une intensité modérée, est invisible lorsqu'il sous-tend un angle au-dessous d'une minute : ne semble-t-il pas découler de là, qu'un mouvement angulaire de moins d'une minute dans une étoile ne doit pas être perceptible à l'œil nu ? Comment concilier ce résultat avec la théorie que Hooke adopte pour expliquer la scintillation ? Suivant lui, ce phénomène dépend des réfractions irrégulières subies par les rayons qui traversent notre atmosphère. Les étoiles vues dans les lunettes quand elles scintillent éprouveraient donc des déplacements d'une minute, c'est-à-dire des déplacements supérieurs au diamètre du disque de Jupiter : ce qui est démenti par les observations (1). Hooke concevait, en outre, que les irrégularités dans la distribution de la chaleur peuvent donner à une portion limitée de l'atmosphère, comparée aux parties voisines, la forme d'une lentille convexe ou d'une lentille concave. Dans le premier cas, dit-il, l'image d'une étoile devrait paraître dilatée ; le contraire arriverait dans le second. Je ne m'arrêterai pas à examiner, par un calcul minutieux, si des couches atmosphériques chaudes ou froides, ayant la forme de lentilles et distinctes des couches environnantes par une moindre ou une plus grande température, seraient susceptibles d'engendrer les effets très-sensibles annoncés par Hooke ; je me contenterai de dire en point de fait qu'une lentille convexe ou concave, placée à une distance quelconque devant l'objectif d'une lunette, devrait raccourcir ou augmenter la distance focale, en sorte que, pendant la scintillation, il y aurait des changements continuels de foyer. J'ajoute que ces agrandissements dont parle l'auteur devraient se produire ou partiellement ou en totalité sur le disque des planètes, ce qu'aucun astronome n'a jamais observé.

Pour expliquer les couleurs, Hooke rappelle que les images des objets produites par une lentille ordinaire paraissent toujours colorées lorsqu'elles se forment près des bords du champ. Mais, pour réfuter cette idée ingénieuse, il me suffira de répéter ici que les mêmes effets de coloration devraient inévitablement s'apercevoir sur les bords des disques des planètes lorsque la lentille aérienne viendrait se placer devant l'objectif d'une lunette achromatique, et personne n'a remarqué de pareils phénomènes. Quelles seraient d'ailleurs, dans l'hypothèse de Hooke, les causes des apparitions successives des points lumineux dans les centres obscurs des images dilatées des étoiles ?

L'explication fondée sur le phénomène des interférences a pour caractère essentiel de rendre compte des changements d'intensité et des changements de couleur sans avoir besoin d'admettre des variations sensibles dans la réfraction atmosphérique éprouvée par les rayons qui parviennent à l'ouverture de la pupille ou à celle de l'objectif de la lunette avec laquelle on fait l'observation.

Newton.

Lorsqu'on est amené, sur quelque sujet que ce puisse être, à s'écarter d'une opinion professée ou admise par Newton, le respect dû à un si grand nom veut qu'on cite textuellement les passages objets de la critique. En pareil cas, les analyses ne suffisent pas. Newton s'est occupé de la scintillation, dans le troisième livre de ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, et à la fin de la première partie du livre premier de son *Optique*; voici le passage de la *Philosophie naturelle* :

La radiation et la scintillation des fixes doit être attribuée aux réfractions des humeurs de nos yeux et à celles de l'air, qui a toujours un petit mouvement de trémulation, ce qui se prouve, parce que cette trémulation cesse lorsqu'on regarde les étoiles à travers un télescope; car la trémulation de l'air et des vapeurs qui y sont contenues est cause que les rayons sont détournés facilement et par secousses de la prunelle, qui est très-étroite; mais il n'en est plus de même de l'ouverture beaucoup plus grande du verre objectif. Voilà pourquoi la scintillation que nous éprouvons lorsque nous regardons les étoiles avec nos yeux seulement, cesse lorsque nous les regardons à travers un télescope. (Edition de madame du Châtelet.)

Cette explication est sensiblement modifiée dans l'*Optique*, ainsi qu'on le remarquera en lisant attentivement le passage suivant :

L'air, au travers duquel nous regardons les astres, est dans une agitation continuelle, ce qui se remarque au vacillement de l'ombre

(1) Depuis que le manuscrit de cette Notice est dans les mains de l'imprimeur, j'ai fait tailler une mince plaque de verre de manière qu'elle déviait les objets d'environ une minute de degré. Lorsque ce rudiment de prisme était placé devant la pupille, chaque objet devait donc paraître à une minute de sa position réelle. En visant à une étoile et faisant passer le prisme devant la pupille à de courts intervalles, tous les cinquièmes de seconde de temps par exemple, on devait voir l'image de cet astre à la distance d'une minute de son image réelle. MM. Laugier et Goujon, à qui j'avais confié cette expérience, n'ont rien vu de pareil. Comme il était possible qu'un déplacement d'une minute, invisible à l'œil nu, devînt sensible par un autre genre de phénomènes, j'ai prié mes jeunes amis d'examiner si le mouvement rapide du prisme devant la pupille ferait naître la scintillation sur une étoile élevée. L'expérience faite, avec le plus grand soin, sur α de la Lyre a conduit à un résultat négatif.

d'une haute tour et à la scintillation des étoiles fixes. Vues au travers des lunettes de grande ouverture, ces étoiles ne scintillent point; car leurs rayons, qui passent par différents points de l'ouverture, oscillant chacun à part (toujours d'une manière différente et quelquefois opposée), tombent en même temps sur différents points du fond de l'œil, où leurs oscillations deviennent trop vives et trop confuses pour être aperçues séparément. Or, tous ces points, confondus par de courtes oscillations extrêmement promptes, produisent un large point lumineux, et font paraître l'étoile non-seulement plus grande qu'elle ne devrait, mais exempte de scintillation. (Traduction publiée par Beauzée.)

Dans la première explication, celle de la *philosophie naturelle*, Newton fait jouer à la *trémulation* de l'air un rôle qu'on a quelque peine à admettre. En effet, si cette trémulation détourne de la prunelle, dans un moment donné des rayons qui y seraient entrés sans cela, elle doit, par compensation, y faire pénétrer des rayons voisins qui, dans une atmosphère tranquille, seraient tombés sur la cornée opaque. Dans l'*Optique*, il n'est plus question des déviations latérales qui faisaient tomber de minces faisceaux lumineux en dehors de la prunelle vers laquelle ils se dirigeaient, mais seulement de petites déviations des rayons d'où devraient résulter les images des étoiles *dilatées* et *non scintillantes* Or, des observations faites *ad hoc* ont prouvé que les images des étoiles, dans les lunettes, *sont quelquefois scintillantes*, sans dilatation sensible, et que, de plus, elles passent successivement par toutes les couleurs prismatiques. Il ne semble donc pas nécessaire de se livrer plus longuement à l'examen d'une théorie qui ne rend pas compte d'une circonstance aussi essentielle, et qui, sur les autres points donne des résultats démentis par l'observation.

Kern.

En parcourant le Catalogue de la bibliothèque de Poulkova (observatoire central de la Russie), je vis que cet établissement possédait deux dissertations *ex professo*, sur la scintillation : l'une, imprimée à Wittenberg, en 1686, a pour auteur Jean-Jérémie Kern; l'autre, imprimée à Upsal, en 1799, est de Bernard Odström. M. Struve voulut bien me les adresser en communication; mais je n'y ai rien trouvé qui soit digne de remarque.

Kern s'arrête à l'opinion *que la scintillation se fait par les paroxysmes propres à toutes les fortes lumières, paroxysmes dont on voit des exemples dans les oscillations des chandelles, des flambeaux.*

Nous avons déjà réfuté cette opinion. Nous sommes dispensé de nous en occuper de nouveau.

Jurin.

Jurin entend prouver qu'en prenant à la lettre la théorie newtonienne des accès de facile transmission et de facile réflexion, l'image ordinaire d'un point lumineux sur la rétine doit être formée d'un petit cercle central, *lumineux* ou *obscur*, entouré d'une série d'anneaux circulaires très-serrés, successivement *obscurs et lumineux*. Et comme la longueur de chemin parcouru, qui suffit pour faire passer un rayon de l'accès de facile transmission à l'accès de facile réflexion, est excessivement petite, l'auteur remarque que le moindre mouvement du *corps* ou de l'*œil* de l'observateur doit suffire pour rendre lumineux ce qui était obscur dans l'image, et *vice versa*. Passant de ces considérations *théoriques* à l'explication du phénomène de la scintillation, Jurin s'exprime ainsi : *Si le milieu de l'image d'une étoile devient de lumineux obscur, et que l'anneau adjacent devienne en même temps lumineux, d'obscur qu'il était, ce qui peut arriver par le moindre mouvement de l'œil pour s'approcher ou pour s'éloigner de l'étoile, cela doit occasionner l'apparence que nous appelons* scintillation, *ou pétillement des étoiles.*

Le plus grand défaut de cette explication ne consiste pas en ce qu'elle suppose que l'image confuse sur la rétine, pour un œil observant sans le secours d'aucun instrument, est formée d'une série d'anneaux lumineux et obscurs dont personne n'a pu vérifier l'existence; mais on doit remarquer qu'elle ne satisfait pas aux circonstances les plus simples du phénomène. La scintillation, suivant cette théorie, serait indépendante de l'état de l'air. Elle aurait, au contraire, une liaison intime avec l'immobilité ou la mobilité de l'observateur; en sorte, par exemple, qu'un très-léger mouvement de la tête en avant ou en arrière, ferait scintiller un astre aussi souvent que ce mouvement se renouvellerait, ce qui est contraire aux observations. L'hypothèse ne rend d'ailleurs aucun compte du changement de couleurs ni des effets singuliers que le phénomène présente quand on l'étudie *avec une lunette* dont l'oculaire n'est pas au point.

Jacques Cassini.

Pour Jacques Cassini, la scintillation est une *sorte de chevelure lumineuse* dont les étoiles paraissent entourées (à l'œil nu). Les rayons composant cette chevelure ont éprouvé dans l'atmosphère des réfractions ou des réflexions extraordinaires. Les lunettes rendent cet *étincellement* moins sensible, *parce qu'elles réunissent plus parfaitement les rayons écartés* et parce qu'elles interceptent même une partie de la lumière. Si j'étais certain d'avoir bien saisi l'explication de Cassini, je n'hésiterais pas à dire qu'elle renferme autant d'erreurs que de mots, et à m'écrier : La scintillation n'est pas *une chevelure lumineuse;* les rayons qui composent cette chevelure *n'ont pas éprouvé dans l'air des réfractions ou des réflexions extraordinaires;* si dans les lunettes cette chevelure est moins sensible, *ce n'est pas parce que les lunettes réunissent plus parfaitement les rayons écartés, parce qu'elles inter-*

ceptent la lumière. La chevelure est *une illusion* provenant de l'œil, voilà tout.

Dr Long.

L'opinion qui fait consister la scintillation en des disparitions momentanées des étoiles, dépendantes de l'interposition fortuite entre ces astres et l'œil, de *poussières voltigeant dans l'air*, opinion renouvelée de Riccioli, se trouve développée dans le tome 1er de l'*Astronomie* de Robert Long, imprimé en 1742. Mais l'auteur n'a pas remarqué que, pour petite que soit une étoile, sa *disparition* exigerait une poussière d'*un diamètre égal à celui de la pupille*. Long a du reste observé comme Hooke, son prédécesseur, que les rayons du soleil réfléchis par un verre sous-tendant un petit angle, scintillent beaucoup. Il ne parle pas des couleurs dont le phénomène est accompagné.

Mairan.

Mairan assimile la scintillation au mouvement *ondulatoire*, au mouvement d'oscillation qu'on aperçoit en regardant l'horizon *par-dessus une vaste campagne éclairée du soleil*, ou au mouvement que les rayons partant d'un objet éprouvent en pénétrant dans l'œil après avoir presque rasé la surface d'un poêle. (*Académie des Sciences*, 1743, p. 28.) La scintillation étant tout autre chose qu'une ondulation, l'assimilation faite par Mairan est absolument sans objet et sans utilité.

Michell.

Voici l'explication que Michell, ce physicien si ingénieux, a donnée de la scintillation. Une simple particule de lumière produit une impression sensible sur l'organe de la vue. Cette impression a une certaine durée. Dès lors il suffira qu'il nous arrive un petit nombre de molécules chaque seconde, trois ou quatre, si l'on veut, pour qu'un objet soit visible. Peut-être le nombre de celles que nous recevons des plus brillantes étoiles, même de Sirius, ne surpasse pas 3,000 ou 4,000 par seconde. Dans ce cas il ne serait pas extraordinaire que les inégalités qu'amènera le hasard (*chance*) dans le nombre de rayons, ou rares ou condensés, qui pénètrent dans l'œil à chaque quart ou cinquième de seconde, soient suffisantes pour rendre compte des changements d'intensité qui constituent la scintillation et se répètent si fréquemment. L'addition ou la soustraction de un sur vingt doit amener ces résultats. On n'en doutera pas si l'on remarque que l'étoile située au milieu de la queue de la grande Ourse est seulement quinze ou vingt fois plus lumineuse que la petite étoile voisine. Suivant Michell, les rayons rouges et bleus existent dans la lumière blanche en moindre quantité que ceux des nuances intermédiaires. Dès lors, l'inégalité provenant *from the common effect of chance*, sera proportionnellement plus grande relativement au rouge et au bleu que pour les autres nuances, et un petit excès ou un petit déficit dans le nombre de ces premiers rayons, donnera naissance aux phénomènes de coloration dont la scintillation est toujours accompagnée. Qu'est-ce dans cette explication, que le *common effect of chance?* Les changements d'intensité tiennent-ils à des inégalités réelles dans l'émission des rayons, ou à l'influence de notre atmosphère? Dans le premier cas, les étoiles scintilleraient également à toutes les hauteurs, ce qui n'est pas. Dans le second, il faudrait définir les accidents atmosphériques qui auraient la propriété de produire souvent le *common effect of chance* dans *une plus grande proportion* sur les rayons rouges ou bleus que sur les autres; sans cela on n'aurait rien expliqué : on aurait redit le phénomène en d'autres termes. Ne résulterait-il pas de l'explication donnée par Michell, que la scintillation devrait totalement cesser dans une lunette? Comment d'ailleurs rendre compte, dans cette même théorie, des phénomènes décrits col. 1125, et qui s'observent en dehors du foyer?

Lalande.

Le diamètre d'une étoile est si petit, dit Lalande, *que les moindres molécules de matière qui passent entre elles et nous, par l'agitation de l'atmosphère, suffisent pour nous cacher l'étoile et nous la montrer alternativement. Si l'on conçoit que ces alternatives soient assez fréquentes et assez courtes pour qu'à peine notre œil puisse les distinguer l'une de l'autre, on comprendra que les étoiles doivent paraître dans une espèce de tremblement continuel.* (Lalande, tome III, p. 85.)

Il y a dans ce raisonnement une erreur manifeste que Michell avait déjà signalée en 1777. (*Voy.* les *Transactions philosophiques*.) Il ne suffirait pas *de la moindre particule* de *matière opaque* pour faire disparaître une étoile, quelque petit que fût son diamètre apparent; il faudrait que la particule eût un diamètre au moins égal à celui de la pupille: or on ne voit rien flotter habituellement de si volumineux dans notre atmosphère. Des molécules opaques pareilles existeraient, qu'il resterait à expliquer les couleurs.

Musschenbroek.

Musschenbroek, après avoir rapporté ses observations sur la scintillation; après avoir soutenu qu'elle *ne dépend pas de l'atmosphère, ou de l'abondance des exhalaisons qui s'y élèvent*, ne trouve rien à dire sur le phénomène, si ce n'est *qu'il dépend de la vivacité de la lumière et de l'activité avec laquelle elle agit sur l'organe de notre vue!* (T. II, p. 465, édition française.)

Ceci ne fait pas faire un seul pas à la question. En effet, on doit se demander comment la *vivacité* de la lumière, comment *l'activité* de son action sur l'organe sont capables de produire la scintillation. On remarquera que cette prétendue explication avait déjà été donnée par Gassendi.

Darwin.

Le savant qui a consacré une grande partie de sa carrière à l'étude d'un fait scientifique spécial, est involontairement conduit, par une tendance naturelle de l'esprit humain, à y trouver l'origine, la cause, l'ex-

plication de phénomènes qui n'ont avec ce fait aucune relation. Telle est en abrégé l'histoire de Darwin.

Lorsque la rétine a été fatiguée, dans une portion limitée de sa surface, par l'action d'une lumière colorée, du rouge par exemple, si l'œil se porte sur un fond blanc, il aperçoit aussitôt une image, dont la couleur est celle qui résulte de la réunion de toutes les nuances prismatiques, *moins le rouge*. Le résultat est tout autre, mais découle des mêmes principes, lorsque le fond sur lequel l'œil fatigué se porte, est lui-même coloré. Tel est le principe employé pour rendre compte des *phénomènes de contraste*, auquel Darwin a recours pour expliquer les couleurs observées par Melville pendant la scintillation de Sirius. La vue, dit-il, étant fatiguée par les rayons blancs et brillants de l'étoile, si l'œil se portait sur le bleu du ciel, on devait voir une image bleue.

Les objections contre cette explication sont si nombreuses, qu'on ne sait vraiment par lesquelles commencer. D'abord les couleurs se montrent dans l'étoile et non à côté; elles se voient dans la nuit la plus obscure, lorsque le bleu du ciel ne peut jouer absolument aucun rôle. On aperçoit non-seulement du bleu quand Sirius scintille, mais encore du vert, du jaune, du rouge; ces couleurs, on ne saurait en rendre compte par le *spectre oculaire*. Enfin, car il faut se borner, comment expliquerait-on que, dans certains climats et dans certaines saisons, les couleurs qui accompagnent la scintillation des étoiles cessassent presque tout à fait? Prétendrait-on que les propriétés physiologiques de l'œil sont alors suspendues? En vérité, on est surpris et confus lorsqu'on voit une théorie qui ne supporte pas le moindre examen, admise dans un ouvrage tel que les *Transactions philosophiques*, et donnée sous l'autorité d'un homme aussi distingué que l'était Darwin

Saussure.

Saussure fait de la *scintillation* une *oscillation* des rayons lumineux, produite par des alternatives de condensation et de dilatation dans certaines parties de l'atmosphère. (*Voyage au Col du Géant*, t. IV, p. 303.) Nous avons déjà trouvé cette idée de la scintillation dans Alhazen et Hooke; Newton la suit en partie; Mairan l'adopte complétement. Nous la rencontrerons encore dans des auteurs plus modernes; mais elle est renversée d'un seul mot: *la scintillation n'est pas une oscillation des images*. (*Voir* la note de la col. 1153.)

Odstrom.

Odström (*voir* l'article de Kern) soutient que la scintillation est produite par l'interposition de corps ou de vapeurs opaques, égaux en surface ou supérieurs à la pupille, ce qui engendre la disparition des étoiles; ou par l'interposition de vapeurs ou de corps ayant moins de surface que la pupille, ce qui alors n'amène que l'affaiblissement de l'astre. Odström explique ainsi pourquoi les étoiles, suivant l'opinion commune (qu'il adopte), ne scintillent pas dans les lunettes et surtout dans les télescopes à *grandes ouvertures*. Quant aux planètes, la rareté de leur scintillation tient à ce que les vapeurs opaques ont rarement un diamètre apparent égal à celui de ces astres, et à ce qu'une diminution *dans une faible lumière produit moins d'effet* qu'une diminution proportionnée dans une lumière brillante. Je renvoie, pour l'appréciation de l'explication d'Odström, aux articles de Scheiner, de Riccioli, etc.

Young et Nicholson.

Voici comment Young parle de la scintillation dans le tome I[er] de son Traité de *Natural Philosophy*, page 490:

La cause de la scintillation des étoiles n'est pas parfaitement connue; mais on rapporte ce phénomène, avec quelque probabilité, à des changements qui arrivent perpétuellement dans l'atmosphère et en altèrent le pouvoir réfringent (its refractive density).

Après avoir rapporté la curieuse expérience où l'image de Sirius, étant transformée en un ruban de lumière, conduit à la conséquence que l'image de cette étoile change de couleur trente fois au moins par seconde, Nicholson déclare *n'avoir trouvé dans aucune propriété connue de la lumière l'explication de ce phénomène*. Peut-être, après ces deux déclarations négatives et si formelles, trouvera-t-on étrange de me voir inscrire les noms de Young et de Nicholson parmi ceux des astronomes qui ont cru pouvoir expliquer la scintillation. Je dirai, pour mon excuse, qu'il m'a paru utile de constater que l'auteur de la doctrine des interférences, du moins en tout ce qui est relatif aux chemins parcourus; que l'auteur de la seule expérience vraiment nouvelle qui ait été faite sur la scintillation depuis l'époque d'Aristote jusqu'à ces derniers temps, n'avait pas hésité, en présence des difficultés du problème, à dire *nous ne savons pas!* Il y a plus de vrai mérite dans cette franchise que dans des essais d'explication avortée

M. Biot.

La *scintillation*, suivant M. Biot, est une sorte de *tremblement*, de *déplacement* des étoiles, occasionnée par de fréquentes *inégalités* dans les réfractions que les rayons de lumière éprouvent en traversant l'atmosphère. Ces inégalités de réfraction, mon illustre confrère les attribue à la condensation plus ou moins irrégulière des vapeurs aqueuses suspendues au milieu de l'air, et aux variations locales et passagères de densité ou de température qui en résultent. M. Biot explique, dans la même hypothèse, l'absence de scintillation des planètes, en disant que les inégalités accidentelles des réfractions atmosphériques ne sont pas assez fortes pour déplacer en totalité les disques de ces astres. (*Astronomie physique*, tome I, pages 231 et 232; 2[e] édition.)

Si la scintillation, ce que toute observa-

tion exacte dément, était un *déplacement des images des astres*, cette explication pourrait être admise. Il resterait, toutefois, à rendre compte des variations de couleurs de ces images, ce qui ne semble pas aisé lorsqu'on se borne à ne faire jouer un rôle qu'aux inégalités de réfraction. Pour me soustraire au reproche d'avoir réfuté une théorie empruntée à la seconde édition du *Traité d'Astronomie*, alors qu'elle a été modifiée dans la troisième, je dirai que les modifications n'ont rien d'essentiel, que l'auteur attribue toujours la scintillation à une sorte de trépidation des étoiles, qui serait quelquefois visible à l'œil nu, ce qui lui donnerait une valeur d'au moins une minute de degré, contrairement à tout ce qui résulte des observations les plus certaines. M. Biot, dans sa troisième édition, sent le besoin de considérer le changement de couleur des étoiles dont il n'avait nullement parlé dans la seconde, et a la bonté de citer la liaison que j'ai cherché à établir entre ce phénomène et celui des interférences. Mais ce célèbre physicien ne dit rien de ce qu'on observe dans les lunettes.

M. Forster.

Dans un Mémoire publié en 1824, M. Forster dit qu'il avait d'abord pensé devoir attribuer les variations de couleurs d'une étoile qui scintille, *à quelque changement survenu dans l'étoile elle-même, ou à un mouvement de rotation qui aurait successivement rendu visibles de la terre, des parties de la surface de l'astre diversement colorées. Mais je crois maintenant, ajoute-t-il, que le phénomène dépend de l'atmosphère. J'imagine qu'il peut y avoir dans les parties supérieures de l'air une sorte de mouvement ondulatoire, et que les couleurs alternatives résultent de leur pouvoir réfractif; car l'atmosphère, agissant alors comme un prisme imparfait, peut envoyer à l'œil différentes couleurs, suivant les inclinaisons diverses que doit prendre la surface onduleuse.*

Comment M. Forster n'a-t-il pas vu que, dans son *hypothèse*, toute étoile scintillante se présenterait à l'œil nu, comme dans une lunette, sous la forme d'un *spectre prismatique* d'une certaine longueur et à couleurs très-séparées, et que la réfraction atmosphérique éprouverait, même à de grandes hauteurs, des changements intermittents qu'aucune observation n'a signalés?

M. Capocci.

M. Capocci, directeur de l'observatoire de Naples, a inséré dans le second numéro des *Comptes rendus de l'Académie de Naples*, pour 1842, sa théorie de la scintillation. M. Capocci voit dans la scintillation deux phénomènes distincts : la formation des rayons divergents qui semblent partir des étoiles dans tous les sens (*l'irraggiamento*), et la scintillation proprement dite, en vertu de laquelle la couronne de rayons s'étend et se resserre sans cesse par intermittence. M. Capocci déclare d'abord que la cause des rayons divergents est dans l'œil et non dans le corps lumineux, ce que personne assurément ne contestera. Je l'avertirai même que la preuve qu'il prend la peine de donner de son opinion; que l'expérience, sans doute nouvelle suivant lui, dans laquelle il voit les rayons d'une étoile tourner et suivre exactement le mouvement de la tête, est consignée dans un Mémoire d'Hassenfratz, dont l'analyse a paru en 1809, tome XLIX du *Journal de Physique*. M. Capocci ne trouvera pas plus de contradicteurs lorsqu'il annoncera que les rayons divergents dont les images des étoiles paraissent entourées sont d'autant plus étendus que les étoiles ont plus d'éclat. Il n'y a pas une personne qui n'ait remarqué combien les étoiles de première grandeur paraissent, à l'œil nu, occuper d'espace dans le firmament; combien les images des étoiles de quatrième et de cinquième sont, au contraire, resserrées. Ceci est en quelque sorte un axiome, un axiome applicable aussi aux lumières terrestres. Mais en quoi toutes ces observations surannées donnent-elles des vues nouvelles sur le phénomène qu'il s'agit d'expliquer?

Une étoile change d'intensité; les rayons dont elle semble entourée changeront simultanément d'étendue, c'est convenu de toute éternité : mais quelle a été la cause du changement d'intensité? Quand on dit, avec M. Capocci, c'est le défaut de *transparence homogène* de l'atmosphère, on tourne la difficulté, on ne la résout pas. Que sont d'ailleurs, dans cette prétendue explication les *variations de couleurs* des étoiles, si manifestes même à l'œil nu? Les changements singuliers observables dans les lunettes, etc., etc.? Laisser de côté ces traits saillants, ces traits caractéristiques du phénomène, lorsqu'on avoue avoir eu connaissance des efforts d'un autre astronome pour en rendre compte, c'est, j'ose le dire, plus que de la légèreté, c'est ne pas comprendre les exigences de ce qu'on prétend décorer du nom d'explication ou de théorie. M. Capocci prétend, à tort, placer ses insignifiantes remarques sous l'autorité du grand nom de Galilée. L'illustre astronome de Florence voyait dans les humeurs de l'organe de la vision la cause des rayons divergents dont les étoiles *paraissent* entourées à l'œil nu; quant à la scintillation, phénomène totalement différent, il en plaçait la cause dans l'astre lui-même, ainsi que je l'ai rappelé.

M. Kaemtz.

M. Kaemtz, le célèbre physicien allemand, s'est occupé en détail de la scintillation dans son *Traité de Météorologie;* il regarde, en partie, ce phénomène comme une oscillation de l'étoile autour de sa position moyenne. Ceci, je l'ai déjà dit, ne me semble pas pouvoir être admis. En effet, l'oscillation devrait être considérable pour qu'on pût l'apercevoir à l'œil nu; elle se ferait sentir dans les instruments de mesure et empêcherait les observations. C'est par erreur, je le répète, qu'on a cherché

à établir une connexion nécessaire entre la scintillation et les oscillations des étoiles. Les planètes, ajoute l'auteur allemand, ayant un diamètre apparent de 30 à 40 secondes, il est plus difficile d'apprécier leur changement de volume apparent. Je ne ferai aucune remarque critique sur ce passage, parce que c'est peut-être par une erreur de traduction qu'il est question ici d'un changement de volume. M. Kaemtz reconnaît que, outre son prétendu mouvement oscillatoire, il y a dans la scintillation des variations d'intensité et de coloration ; il rappelle à ce sujet que l'auteur de cet article avait déjà très-anciennement essayé de rattacher ces deux phénomènes aux interférences de la lumière. Mais, faute de s'être rappelé les lois qui régissent les additions et les destructions de lumière, lorsque les rayons ont traversé des couches inégalement réfringentes, ce qu'il dit à ce sujet manque de clarté et, qui plus est, de précision. Ainsi, M. Kaemtz regarde une inégalité dans les réfractions éprouvées par les rayons interférents, comme la seule cause qui puisse amener successivement la destruction des rayons de diverses couleurs dont le spectre se compose. Tandis qu'il résulte de ce qu'on a pu lire, que des rayons au point de leur croisement s'ajoutent ou se détruisent sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir une inégalité de réfraction. M. Kaemtz me paraît ne pas avoir connu les phénomènes de scintillation qu'on observe dans les lunettes et sur lesquels j'ai tant insisté.

M. Arago.

Dès le moment où mes réflexions se portèrent sur les causes de la scintillation, il me vint à l'esprit que le changement d'intensité et le changement de couleur des étoiles pouvaient être rattachés aux phénomènes des lames minces si minutieusement analysées par Newton. D'après la théorie de cet immortel physicien, il existe, pour toute nature de corps solide ou fluide, des épaisseurs où ces corps ne réfléchissent aucun rayon lumineux ; des épaisseurs différentes, mais également très-petites, où la lumière tombant blanche, se réfléchit rouge, jaune, verte, bleue, violette; où la lumière transmise présente précisément les teintes complémentaires. Ceci admis, *supposons* qu'il existe dans l'atmosphère des couches flottantes, des couches d'eau par exemple, ayant ces différentes épaisseurs; les étoiles vues au travers paraîtront avec des éclats variables; elles se montreront tantôt colorées en bleu, tantôt en violet, en vert, en jaune, en rouge. Toutes ces conséquences étant conformes aux observations, pourquoi ne regarderait-on pas l'hypothèse qui les a données comme parfaitement justifiée? Pourquoi chercher dans des phénomènes complexes d'interférences une explication qui se déduit si naturellement des propriétés des lames minces?

Examinons.

L'explication *suppose* qu'il y a dans l'air des lames flottantes assez minces pour produire, par voie de transmission, le rouge, le jaune et le vert, etc. De telles lames existent-elles dans notre atmosphère? Je crois qu'on peut prouver qu'elles n'existent pas. Supposons, en effet, qu'une de ces lames vienne se placer entre l'œil de l'observateur et le soleil, la lune, Jupiter, Saturne ou Mars. On verra sur-le-champ, à la surface de ces astres, suivant l'épaisseur de la lame interposée, une tache rouge, jaune, bleue, verte ou violette. On verrait même ces teintes en plein air, sur des parties circonscrites du bleu du ciel. L'absence de ces phénomènes m'autorise, je crois, à affirmer que la cause n'existe pas. Un motif non moins puissant m'a déterminé à renoncer à cette explication, c'est l'impossibilité de rendre compte par des lames minces, sans recourir du moins aux interférences, des disparitions et réapparitions que le centre d'une image d'étoile dilatée éprouve de temps en temps dans une lunette.

Voilà, dira-t-on, bien des critiques; ni l'ancienneté, ni la célébrité des auteurs des théories n'ont trouvé grâce devant vous. Ne craignez-vous pas qu'on vous applique la peine du talion? Non, je ne crains rien de pareil; mes réfutations ont été dictées par l'amour de la science et de la vérité. Je recevrai avec déférence tout ce qui pourrait ébranler la nouvelle explication. Pour parler sincèrement, je pense qu'en rattachant la scintillation aux interférences, qu'en faisant intervenir dans ma théorie la densité ou plutôt la réfringence des couches traversées par les rayons, j'ai envisagé le phénomène sous son véritable jour. Je suis loin cependant de croire qu'après avoir établi ces bases, il ne reste plus rien à faire; que l'explication, au point de vue théorique et expérimental, ne pourrait pas être perfectionnée. Par exemple, personne, à ma connaissance, n'a rattaché d'une manière entièrement satisfaisante et jusque dans leur valeur numérique les disques planétaires que les étoiles acquièrent et les anneaux dont ces disques sont entourés, à la théorie des interférences.

On m'assure qu'un géomètre allemand, M. Schwerd, a réussi dans cette recherche, mais on me dit en même temps que, suivant les calculs de M. Schwerd, appliqués d'ailleurs à des lentilles simples non achromatiques, les diamètres des planètes, quand ces astres sont observés avec un objectif réduit, devraient être augmentés comme le diamètre des étoiles ; or, ce résultat est complétement démenti par les observations directes, ainsi que je le ferai voir dans un Mémoire à part (1).

(1) Un jour, conversant avec M. Babinet à la fin de 1827, je lui communiquai ces expériences que j'avais faites, en vue d'une théorie de la scintillation, sur les trous obscurs et les petits disques lumineux qu'on voit successivement dans l'image dilatée d'une étoile observée en dehors du foyer. Ces phénomènes le frappèrent au plus haut degré, et le lendemain il m'adressa des calculs fondés sur la

J'ai attribué, en termes généraux, la formation des trous noirs au centre de l'image d'une étoile dilatée à l'interférence des rayons directs qui étaient arrivés à ce point avec les rayons infléchis sur les bords de l'ouverture circulaire placée devant l'objectif. Fresnel a déjà montré, dans son second et mémorable Mémoire sur la diffraction, que cette manière d'envisager les phénomènes, adoptée avant lui par Young, n'était pas exacte, et qu'il fallait prendre l'intégrale des ondes élémentaires partant de tous les points des ondes tronquées. On devra appliquer cette conception lorsqu'on voudra donner à l'explication toute la rigueur mathématique. Les trous formés aux centres des images dilatées des étoiles sembleraient devoir être successivement rouges, jaunes, verts, bleus, etc.; mais ces trous sont tout à fait noirs. D'après un premier aperçu, les images variables qui viennent momentanément se former aux centres de ces trous sembleraient devoir offrir successivement toutes les couleurs du spectre; l'observation montre cependant que ces points lumineux intermittents sont d'une extrême blancheur lorsqu'on se sert d'un objectif achromatique. Mais aussi, pourquoi s'en rapporterait-on à un premier aperçu? Je me rappelle que l'un des commissaires chargés d'examiner le second Mémoire de Fresnel sur la diffraction, fit, contre la théorie de ce célèbre physicien, une objection qu'il croyait insurmontable; il avait trouvé par le calcul qu'à une certaine distance d'un écran circulaire opaque, le centre de l'ombre de cet écran devait être parfaitement lumineux et blanc, son état ne paraissait pas devoir différer sensiblement de celui de la lumière dont l'écran était extérieurement entouré. Eh bien, vérification faite, je trouvai que le résultat était conforme aux observations. Au reste, l'absence de couleurs dans les points lumineux qui viennent se former de temps en temps dans le centre obscur de l'image d'une étoile dilatée tient peut-être à l'achromatisme de l'objectif; il est du moins certain que l'on ne pourrait l'expliquer par la faiblesse de la lumière; car, en déroulant l'étoile en ruban, suivant la méthode de Nicholson, on voit le ruban correspondant à ces points lumineux teint de toutes les couleurs prismatiques.

J'ajouterai qu'en regardant un jour l'image du soleil, réfléchie, si je ne me trompe, par la boule qui supporte la croix du dôme de la Sorbonne, je la trouvai très-scintillante, et que le point lumineux qui paraissait au centre de cette image dilatée, comme dans l'expérience des étoiles, me sembla vivement coloré. Pour savoir quel rôle joue dans ce phénomène l'intensité de la lumière, j'avais fait construire des boules de verre et des boules métalliques de différents diamètres et parfaitement polies; j'avais également en vue de déterminer expérimentalement le diamètre angulaire que devait avoir l'image du soleil pour qu'elle ne scintillât pas dans les circonstances atmosphériques les plus favorables. Je me proposais aussi d'examiner le rôle qu'on pourrait vouloir attribuer à l'oculaire dans l'ensemble de ces phénomènes. Mais l'état de ma santé, surtout celui de mes yeux, me force de laisser à d'autres plus heureux le soin de compléter ce que je n'ai pu qu'ébaucher. Ils trouveront une ample moisson d'observations et de recherches intéressantes, au point de vue de l'optique générale et de la théorie des ondulations, s'ils font varier la forme de l'ouverture par laquelle la lumière pénètre dans la lunette.

En subsistuant, suivant mon désir, un triangle équilatéral à un cercle, mes deux jeunes collaborateurs, MM. Goujon et Charles Mathieu, sont arrivés à des résultats très-curieux; mais je dois leur laisser le plaisir de les communiquer eux-mêmes au monde savant (1).

doctrine des interférences qui les expliquaient d'une manière satisfaisante. Il est bien désirable que le public ne soit pas privé plus longtemps des investigations de mon savant confrère.

SCULPTURE PAR PROCÉDÉS MÉCANIQUES. — La sculpture est l'art de donner à différentes matières la forme des corps organisés, soit en taillant, à l'aide du ciseau, le bois, la pierre, soit en façonnant une pâte molle, soit en coulant des métaux dans un moule. *Voy.* MOULAGE.

L'art de la sculpture remonte à la plus haute antiquité, et sans parler des idoles et des images fabriquées qu'anathématise la Genèse, ne trouvons-nous pas chez les peuples les plus antiques du monde, chez les Indous, de nombreux restes de statues dans leurs temples primitifs; mais ce n'est pas ici le lieu de parler de l'histoire de cet art, nous n'avons à nous occuper que des procédés employés dans la reproduction des images en relief.

Nous lisons dans l'*Encyclopédie des gens du monde*, t. XXI: « Les procédés dont on fait usage en sculpture sont plus simples qu'on ne l'imagine, généralement. Et d'abord il ne faut pas croire que la difficulté réside dans la taille du marbre. Ce qu'il y a de délicat, c'est la composition du modèle en matière molle: c'est là que le génie se déploie; c'est là qu'il faut avoir dans la main même le sentiment exquis de l'expression du jeu de l'âme par l'addition ou le retranchement d'une parcelle de la matière, par telle dépression plus ou moins prononcée. Mais une fois le modèle achevé au gré de l'artiste, le reste n'est plus qu'un procédé presque entièrement mécanique. On fixe bien solidement sur une base, en l'y scellant avec du plâtre, le bloc de marbre qu'on veut travailler; on fait de même du modèle. Au-dessus de celui-ci on place horizontalement un châssis carré de manière qu'il soit invariable. Ce châssis a sur ses quatre côtés des divisions en intervalles égaux, et ces divisions portent des numéros. On établit au-dessus du

(1) Cet article est dû à M. Arago, 1852.

bloc de marbre un châssis absolument pareil; puis, à l'aide de fils à plomb qui en descendent, et aussi de compas, on détermine sur le bloc des points de repère placés exactement comme les points correspondants du modèle. On a enfoncé dans le plâtre de celui-ci de petits clous en cuivre, dont la tête porte à son centre un trou pour loger la pointe du compas qui mesure les distances obliques. Les points les plus saillants sont déterminés les premiers et de telle sorte qu'ils fixent, trois à trois, la position de plans enveloppant la statue. Etablir ces plans s'appelle *épanneler*, et ce travail de dégrossissement est abandonné à un manœuvre qu'on nomme *praticien*. Pour atteindre ces premiers points, qui sont d'abord à une certaine profondeur dans le marbre, on perce celui-ci avec un foret, puis on enlève des éclats jusqu'à ce que le fond du trou soit à découvert.

« Les points principaux servent ensuite à la fixation d'autres points que l'on multiplie au fur et à mesure que l'œuvre avance, et qui, dans certains endroits, ne sont pas à plus d'un centimètre l'un de l'autre. Quand l'ouvrier a mis au jour ces points, dont l'ensemble forme la surface de la figure représentée, survient alors le sculpteur qui enlève comme le rideau de marbre derrière lequel est la statue avec toute son expression. Les Italiens, au lieu de châssis, emploient un instrument en bois qui a la forme d'une double croix, et qui sert comme de compas à trois pointes. Gatteaux père a inventé un procédé à l'aide duquel on peut rendre le modèle avec une exactitude mathématique, et même si l'on veut, le copier dans une position inverse. »

L'analyse qui précède était nécessaire pour mettre le lecteur au courant des causes qui ont amené les inventeurs à l'application des procédés qui vont être exposés dans le cours de cet article. Nous arrivons maintenant à l'objet principal qui en fait le sujet, la *sculpture par procédés mécaniques*. C'est à M. Rouget de Lisle, dont les nombreux travaux sur tout ce qui touche aux arts industriels sont justement appréciés, que nous emprunterons les pages suivantes (1).

En traitant ici de la sculpture au point de vue purement industriel, nous ne pouvons songer à parler de l'art du sculpteur proprement dit. Notre but est seulement d'indiquer les moyens économiques de multiplier, de réduire l'œuvre de l'artiste, résultat nécessaire de la sculpture industrielle, comme de tous les arts d'imitation.

Les procédés usités jusqu'à ce jour peuvent être groupés ainsi qu'il suit : 1° le moulage des objets dans des formes creuses en terre cuite ou en plâtre, soufre, sable, bois, gélatine, fonte métallique, verre, bitume, ciment, pierre factice, etc.; 2° le tour à portrait, amélioré par M. Hulot, et reposant sur des principes établis pour la première fois par M. de La Condamine, qui a publié le premier, en 1733, la description et l'usage d'une machine pour copier sur le tour un portrait, une médaille en relief. (*Voir* l'*Histoire de l'Académie*, année 1734, pages 216, 295; l'*Art du tourneur*, par Plumier, édition de 1749, chapitre XII; 3° la machine de M. Cellas, fondée sur le principe du tour à portrait (*Brevet de quinze ans*, pris le 22 mars 1837); 4° La compression des bois à froid, à l'aide de matrices, poinçons et emporte-pièces en acier, gravés en relief, suivant le contour du dessin qu'on veut reproduire; 5° les procédés de M. Ardisson, par le refoulement du bois debout (*Brevet de dix ans*, pris le 30 septembre 1839); 6° l'estampage; 7° la machine de M. Sauvage, propre à réduire ou à augmenter la dimension des statues et de tout autre objet de sculpture, en quelque matière que ce soit (*Brevet de quinze ans*, pris le 3 mai 1836); 8° celle de M. Dutel, ayant le même objet (*Brevet de quinze ans*, pris le 9 novembre 1836); 9° celle de M. Grimpé, pour reproduire ou réduire toutes les formes de bois de fusil, et celles des rondes-bosses ou de bas-reliefs artistiques (*Brevet de quinze ans*, pris le 31 juillet 1838); 10° les nouveaux moyens d'exécution de la sculpture et de la gravure dans des matières dures, telles que *porphyre, granite, marbre, pierre*, etc., par M. Moreau (*Brevet de cinq ans*, délivré le 24 novembre 1838); 11° ceux de M. Graenachu pour la combustion à l'aide de moules en fonte (*Brevet de dix ans*, pris le 27 décembre 1838); 12° la galvanoplastie (*Voyez ce mot*; 13° enfin, les machines de MM. Lebas, Gervaizot, Combettes, Jordan, qui ont pris chacun des brevets d'invention non expirés.

Nous devons ajouter à cette nomenclature les procédés antérieurs et peu ou point connus de deux ingénieurs distingués qui n'ont pas pris de brevets d'invention : de M. Amédée Durand, et de Philippe de Girard.

Avant de donner quelques détails sur les procédés mécaniques que nous venons d'énumérer, nous décrirons une curieuse méthode abrégée d'exécution pour la sculpture statuaire, employée, en 1822, par M. Amédée Durand. Le résultat obtenu par cette manière d'opérer fut une statue de 2m50 de hauteur. Cette figure de femme, entièrement drapée, fut exécutée en quatre-vingt-sept jours par l'emploi d'un seul praticien sculpteur et d'un aide. Elle fait partie du mausolée du duc d'Enghien, existant aujourd'hui dans la chapelle du château de Vincennes.

Voici la succession des procédés qui ont été employés : le temps était rigoureusement déterminé, soit pour l'exécution du moule, soit pour le travail du marbre, et il fut nécessaire que ces deux opérations, essentiellement successives, se fissent en quelque sorte des concessions mutuelles, et devinssent simultanées dans une certaine proportion

Ainsi la disposition générale du modèle

(1) *Voir* le *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

étant arrêtée, il a fallu commencer à *épanneler* le marbre, sans toutefois prendre des points comme on le fait par le procédé ordinaire, où l'on reporte du modèle sur le marbre à l'aide d'un compas et par les intersections des distances du point à déterminer aux points déjà arrêtés; et voici comment se fit cette première ébauche, sous la condition de rigueur d'éviter tout enlèvement de matière, qui plus tard eût pu faire défaut. Le modèle, étant debout, fut placé de manière à ce qu'une forte lampe projetât sur un panneau en feuillets de bois mince sa silhouette, ou au moins une projection un peu amplifiée de la figure, soit vue de face, soit vue de profil, suivant la convenance. L'image fournie par cette projection étant découpée, donna une silhouette de la figure. Cette silhouette, ou ce calibre de l'un des deux aspects principaux de la figure, fut posée horizontalement sur le marbre, couché lui-même sur le sol. Le travail à faire, d'après ce premier calibre, consistait à couper à grands coups tout le marbre qui se trouvait excéder de cette projection, que dessinait exactement l'emploi d'un fil à plomb. Cette opération pour l'un des aspects de la figure, celui de face, par exemple, étant terminée, on procédait de la même manière pour avoir celui du profil, c'est-à-dire que le modèle était présenté dans ce sens à la lumière de la lampe, et que la projection résultant de cette opération était à son tour appliquée sur le marbre, qui, lui aussi, avait fait un quart de révolution sur lui-même. Par cette manière d'ébaucher, plusieurs personnes peuvent facilement trouver place pour travailler simultanément, et le travail est d'autant plus prompt qu'on n'a pas besoin d'échafaudage.

Cette première ébauche faite, on procéda à la mise au point de la statue. Cette seconde opération la laissa dans la même situation, c'est-à-dire couchée, et conserva aux opérations subséquentes les mêmes facilités qui avaient accompagné la première. La mise au point telle qu'elle est pratiquée, est soumise à des pertes de temps considérables. Ainsi, pour peu qu'on admette que pour arriver à l'enfoncement exact qu'on doit obtenir sur la pièce ébauchée, on mesure trois fois cet enfoncement, il résulte que, comme on emploie deux compas et un fil à plomb, il y a au moins neuf mesures à prendre, dont la dernière, celle par le fil à plomb, entraîne la perte de temps nécessaire pour faire dormir ce dernier et l'amener à l'état de repos.

A ce sujet, il faut faire remarquer que, par les moyens ordinaires, on procède de proche en proche, partant de points trouvés dans le cours du travail pour déterminer les points ébauchés, et que, une fois une erreur commise, elle peut affecter toutes les opérations pour lesquelles elle a servi de base.

Le moyen employé par M. Amédée Durand consiste à poser trois points, deux à la base du modèle alors terminée de la statue, et un sur son sommet. Une barre en bois de sapin, portant à l'une de ses extrémités une pointe en acier, qui entrait dans le dernier point dont il vient d'être parlé, se terminait par une traverse également en bois et formant T. Chaque extrémité de cette traverse portait une pointe qui entrait dans chacun des deux autres points déjà cités. On voit de suite que ce T, qui reliait les points extrêmes de la statue, formait de ces points la base qui devait servir à prendre tous les autres sur le modèle, et à les transporter sur le marbre à travailler. Au moyen de ce même T, les trois points fondamentaux furent transportés sur ce marbre. Il n'y avait donc plus qu'à prendre et transporter de même cette multitude de points intermédiaires, dont chacun, ainsi qu'il a été dit plus haut, donne moyennement lieu à neuf opérations, tant à l'aide du compas qu'au moyen du fil à plomb. Pour obtenir ces points, il a suffi de garnir la longue barre de sapin (elle avait $2^{m}70$) de tiges se terminant en pointes, et mobiles dans tous les sens.

La pointe de chacune de ces tiges était mise en contact avec un des pointifs déterminés sur le modèle. Les différentes articulations qui en avaient procuré la mobilité étaient fixées par les procédés connus, comme dans le graphomètre, mais une seule, qui ne permettait de manœuvrer que dans un plan, comme la charnière, restait libre, et n'était limitée dans son mouvement que par un buttoir, qui la maintenait en rapport avec le point mesuré. Ces armatures de pointes mobiles étaient au nombre de dix, et pouvaient changer de place sur toute la longueur de la grande barre de bois. Avant d'être transportées sur le marbre à travailler, elles avaient été relevées en arrière, et leur abaissement jusqu'au buttoir résultait de l'enlèvement du marbre par les outils ordinaires, et déterminait la place ou l'enfoncement du point cherché.

On voit dès lors se substituer à l'emploi des deux compas et du fil à plomb, celui d'une simple pointe à charnière dont le mouvement est si simple, si sûr et si prompt, que de ce changement résulte une économie considérable de temps.

Tout ce qui vient d'être dit se rapporte exclusivement à la mise aux points qui, ainsi qu'il a été dit, s'exécute, la statue étant couchée. On conçoit que, quand il s'agit de draperies à grands plis comme dans le fait rapporté, on peut en pousser l'achèvement très-loin, sans redresser la statue et sans recourir aux échafaudages qui sont si gênants et causent des pertes de temps si considérables

Tour a portrait. — Quant aux procédés de sculpture par la mécanique, inventés par MM. Dutel, Colas et Grimpé, nous ne pouvons rien dire de mieux ou de plus exact, que ce qui en a été publié dans les rap-

ports du jury des expositions, en 1839 et 1844.

Procédé de M. Colas en 1839. — « La grande difficulté n'étant pas de copier, en le réduisant, un bas-relief quelconque et d'en obtenir la copie en telle matière que ce soit, le tour à portrait donnait ce résultat. Elle consistait à copier, dans une dimension différente, la sculpture de ronde-bosse. M. Colas a obtenu ce résultat en le transformant en bas-relief; pour cela, il a divisé son modèle par portions de forme, telles que chacune peut sortir d'un moule d'une seule pièce. Les parties exécutées isolément ont ensuite été réunies et ont composé la statue réduite, qui a été admirée à l'exposition.

« Pour arriver là, M. Colas a dû modifier le tour à portrait dans sa pièce qu'on nomme *barre*, et il l'a fait en mécanicien habile. Le mouvement horizontal alternatif trop rapide de cette barre, eu égard à sa masse, en a été enlevé, et a été transporté à des organes accessoires d'une construction légère. De cette modification ont dépendu le succès des travaux de M. Colas, et la possibilité qu'il possède aujourd'hui, en les changeant de dimensions, de copier tous les morceaux de sculpture. Indépendamment de ces travaux, M. Colas en suit d'autres qui ont pour résultat de copier, sans les diviser, les statues ou bustes de ronde-bosse et d'en obtenir la copie en telle matière que ce soit. » (*Voyez*, tom. III, page 193, des *Rapports du jury* en 1839.)

(*En* 1844). « Ainsi il fait aujourd'hui, il copie, il réduit en marbre, en pierre, en ivoire, en plâtre, en bronze et en bois, les statues, les groupes, les bustes, les bas-reliefs, les rondes-bosses, les ornements, enfin tous les motifs qui lui sont demandés, et le tout avec une fidélité scrupuleuse et l'exactitude la plus sévère. » (*Voy.* tom. III, p. 328, des *Rapports du jury* en 1844.)

Réduction des figures de ronde-bosse, par M. Sauvage. — M. Séguier a présenté à *l'Académie des sciences*, séance du 6 août 1840, au nom de l'auteur, plusieurs copies de proportions différentes d'une même figure de ronde-bosse, exécutées au moyen d'un appareil qui n'est qu'une modification du pantographe appliqué à la sculpture, mais qui se distingue de ceux qu'on a employés précédemment, dans le même but, par une grande simplicité, ce qui permet de se le procurer à peu de frais. La substance sur laquelle on opère est un bloc de savon ou de cire qui se taille très-aisément et sur lequel on fait ensuite un moule qui peut donner un nombre illimité d'épreuves en plâtre ou en métal. La matière plastique, à l'état où l'emploient les statuaires, peut aussi servir pour une réduction.

Procédé de M. Dutel, en 1839. — « La sculpture qu'a exposée M. Dutel, sortant de ses appareils, est à l'état d'ébauche, mais d'une précision suffisante quant aux masses. Ce genre de sculpture, obtenue plus particulièrement sur marbre, est produit par une fraise animée d'une grande vitesse.

« Cet instrument est soumis, dans sa translation, à un système de parallélogramme mobile, mis en rapport, à main d'homme, avec le modèle par une touche mousse, comme dans le tour à portrait. Le modèle et la copie obéissent simultanément à un mouvement de rotation lent, qui vient présenter successivement à l'appareil tous les points de leurs surfaces. »

(*En* 1844.) « Successeur de M. Dutel, M. Alexandre Coutzen a fait plusieurs perfectionnements importants à ses appareils, qui sont mis en mouvement par une machine à vapeur de la force de six chevaux.

« L'exactitude, la précision de ses appareils, sont réellement remarquables. C'est le modèle lui-même qui, par ses formes et son développement, imprime à l'outil qui travaille le mouvement d'action sur l'objet à exécuter, en conservant cependant la faculté et la facilité de soutenir et changer de forme, selon le désir de création du statuaire, et d'avancer plus ou moins, en raison du plus ou moins de temps que l'artiste veut passer à ce même travail pour le terminer. »

Le journal l'*Illustration* a publié dans le numéro du 18 mai 1845, page 180, le dessin en perspective de cette machine. Ce dessin donne bien une idée générale de la composition des organes qui la constituent, mais il laisse à deviner les transmissions de mouvements et la manière de faire marcher les outils propres à opérer la sculpture.

Procédé de M. Grimpé. — « En 1839, la société Gosse de Billy a soumis à l'appréciation du jury des sculptures en relief et en creux, rectilignes et curvilignes, des objets à formes simples ou sculptés, des tenons, des mortaises, des queues d'aronde, des languettes, rainures, feuillures, des poulies de marine, d'arçon, saboterie et charronnage, tous confectionnés mécaniquement par les procédés inventés par M. Emile Grimpé, avec une rapidité extraordinaire, ajoute M. Blanqui, rapporteur, et une économie qui varie, selon les difficultés du travail, de 20 à 850 p. 100. Les expériences les plus authentiques sont faites à cet égard. » (*Voir* tom. III, p. 178, des *Rapports du jury* en 1839).

Le fait d'une économie de 20 p. 100 est exact sans doute, quant à l'emploi du procédé de sculpture mécanique, inventé par M. Grimpé, pour faire des moulures en relief et en creux, des incrustations de formes régulières et irrégulières ; quant à l'économie de 850 p. 100, c'est sans doute 85 p. 100 qu'on a voulu dire ; elle nous paraît douteuse. Quoi qu'il en soit, nous pouvons affirmer que la société Gosse de Billy n'a fabriqué qu'un petit nombre d'objets qui ont été vendus à l'encan après la dissolution de la société en 1840. Depuis cette époque les machines elles-mêmes ont été

remontées et abandonnées sans emploi par une cause que nous ignorons.

Feu *Philippe de Girard*, l'illustre et immortel auteur du principe sur lequel repose la filature mécanique du lin (*Voyez* Lin), a inventé et construit aussi en Pologne, à l'époque de la révolution de 1830, une machine propre à fabriquer les bois de fusil; les encastrements des pièces étaient achevés ensuite à la main. Plus tard, cependant, M. de Girard a construit une seconde machine qui creusait tous ces encastrements dans huit bois de fusil à la fois, et il envoya, en 1832, à la *Société d'encouragement* deux bois de fusil fabriqués ainsi, qui y sont encore déposés.

La simple inspection de ces bois démontre rigoureusement qu'ils ont été travaillés mécaniquement. Il est juste de dire que ces bois de fusil ont été déposés à la *Société d'encouragement* avant que M. Grimpé n'annonçât la solution du même problème, et qu'il doit avoir eu connaissance du résultat des travaux de M. Philippe de Girard.

Philippe de Girard fixa lui-même le prix de ses machines à la somme de 28,000 florins de Pologne (environ 23,000 francs), que le gouvernement russe lui accorda avec 25,000 francs de gratification en sus, et une pension viagère de 6,000 francs, reversible, pour moitié, sur la tête de son frère. Ces machines fonctionnent, depuis cette époque, dans la fabrique impériale de Tula.

M. de Girard nous apprend lui-même, dans un mémoire imprimé en 1844, qu'il écrivit à M. le ministre de la guerre, le 2 mai 1836, pour offrir au gouvernement français de lui vendre des machines semblables.

La réponse de M. le ministre fut que M. Grimpé s'était engagé à faire des machines propres à fabriquer les bois de fusil moyennant la somme de 300,000 francs votée par les chambres, et que l'on supposait qu'il réaliserait ses promesses; mais, depuis, M. Grimpé a renoncé à ce marché.

Philippe de Girard renouvela alors l'offre de livrer ses machines à moitié du prix de celles de M. Grimpé. Le ministre de la guerre lui écrivit *que la fabrication mécanique des bois de fusil était impraticable, parce qu'il était impossible que les garnitures du fusil faites à la main pussent s'adapter à des encastrements faits à la mécanique*. Philippe de Girard répondit *que si on lui donnait cent mille garnitures de divers calibres, il se chargerait de faire cent mille bois auxquels elles s'adapteraient; que c'était tout ce qu'on pouvait lui demander*.

On promit alors de nommer une commission, mais Philippe de Girard est mort en 1845, sans avoir rien conclu. Du reste, tous les plans de ces machines sont restés entre les mains de l'un de ses parents.

Nous avons publié ces faits pour répondre à ce reproche que l'on a adressé souvent à M. de Girard, qu'il avait abandonné la France, tandis que c'est le gouvernement français seul qui a méconnu et repoussé ses importantes inventions. Honneur du moins à la Pologne, au gouvernement russe qui a accueilli et récompensé si dignement et si généreusement Philippe de Girard, homme si remarquable, à la fois peintre, sculpteur, et inventeur de la *lampe hydrostatique*, de la *filature mécanique du lin*, d'une *machine à fabriquer les bois de fusil*, etc.

Procédé de sculpture en bois par la combustion à l'aide de moules, inventé par M. Grœnacker. — « Dans ce procédé, le bois à enlever est brûlé ou converti en charbon; cet effet est dû à l'application, à l'aide d'une forte pression, d'un moule en fonte de fer chauffé jusqu'au rouge; on aperçoit de suite que le moule ne transmet pas immédiatement sa forme au bois, mais la produit avec l'intervention d'une couche de charbon. Remarquons que cette couche ne doit jamais avoir plus de deux à trois millimètres d'épaisseur, ainsi qu'il va être expliqué, et que plus elle est mince, plus la sculpture a de netteté.

« Pour que cette netteté soit obtenue, il faut que la couche carbonisée soit limitée de la manière la plus exacte possible, et qu'il n'y ait entre le moule et la forme produite que du charbon parfait, c'est-à-dire friable et pouvant se détacher facilement sous l'action d'une brosse. La forme perdrait beaucoup de sa netteté, et le procédé de sa certitude, s'il se trouvait entre le charbon parfait et le bois inférieur une couche de bois à l'état de charbon roux, c'est-à-dire carbonisé à différents degrés et cédant irrégulièrement à l'effet du brossage. Pour obtenir ce résultat indispensable de limiter l'action comburante du moule chauffé au rouge, on a la précaution d'immerger le bois à travailler jusqu'à ce qu'il soit entièrement saturé d'eau; cette eau, sous l'action du moule, se convertit en vapeur et ne permet, dès lors, d'employer qu'une pression intermittente qui en facilite l'écoulement. Si cette pression était continue, la vapeur pourrait se trouver assez comprimée dans certaines places pour que son expansion détachât quelques parcelles de bois et compromît la perfection du résultat.

« L'action du moule sur le bois ne dure que 20 secondes environ; elle est simplement le résultat de l'emploi d'un levier quintuplant le poids de l'ouvrier, qui s'assied dessus et donne à son corps un mouvement vertical très-répété; après 20 secondes, le bois est retiré de la presse et jeté dans l'eau pour, d'une part, arrêter la combustion du charbon, et, de l'autre, faciliter sa dispersion sous l'action d'une brosse. Par ces opérations, répétées autant de fois que l'exige la profondeur du moule, on obtient un relief qui reproduit avec fidélité les détails du modèle primitif.

« Une chose à faire remarquer, c'est que l'imbibition du bois par l'eau étant une des conditions du procédé, plus les bois sont spongieux et plus facile est l'opération, et que, par conséquent, les bois les plus communs sont les plus propres à être convertis en objets sculptés. Cette transformation n'affecte pas seulement leur forme, elle a

une influence profitable à leur dureté, qui s'en trouve très-sensiblement augmentée. L'aspect des sculptures ainsi obtenues sur le bois de peuplier ou de marronnier acquiert beaucoup de ressemblance avec celui du vieux noyer et est d'un effet très-agréable.» (Extrait du *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1840, p. 383.)

Procédé de sculpture sur marbre et autres matières dures, par M. Moreau. — « Ce procédé, pour produire des figures ou objets sculptés, consiste, 1° dans l'emploi d'un moule ou matrice en métal qui porte la contre-partie de la figure ou de l'objet qu'on se propose de sculpter et dans son application à la surface de la matière qu'il s'agit de travailler; 2° dans des moyens pour opérer cette sculpture, qui consistent dans la répétition de chocs ou coups légers et rapides du moule sur la pierre pour en broyer et triturer le grain, et l'amener ainsi successivement à prendre la forme correspondante au moule qu'on frappe dessus.

« Supposons qu'il s'agisse de sculpter en bas-relief un masque ou médaillon au moyen de l'appareil. D'abord il faut se procurer le moule ou matrice en fonte de l'objet qu'on veut reproduire; c'est la fonte de fer à laquelle il convient pour ce cas de donner la préférence. Quand on est en possession du moule, il faut le monter dans un appareil mécanique convenable, propre à élever et abaisser ce moule, pour que celui-ci percute par une succession de coups légers le bloc de marbre, de pierre, ou toute autre matière qui doit être travaillée. »

Procédé de sculpture en bois par compression, inventé par M. Ardisson. — « L'idée fondamentale du procédé consiste dans la compression des bois de bout; mais cette action seule ne serait pas suffisante pour donner des produits assez économiques et assez résistants : on la fait précéder d'une ébauche superficielle faite à main d'homme, et dont les indications sont naturellement fournies par le moule qui doit parfaire le travail.

« Par ce procédé se trouvent reproduits tout le fini et toute la délicatesse de travail que l'artiste a su donner à la matrice qui opère la compression.

« Le bois qu'on pourrait croire altéré dans ses fibres n'en conserve pas moins une résistance complétement suffisante pour cette destination, ainsi que cela résulte de l'examen des baguettes dorées et autres ornements ne présentant entre eux que peu de liaison. L'humidité, dont on pouvait craindre des effets de déformation à l'égard de ces produits, ne leur fait éprouver aucune altération; et c'est ce qui résulte d'une expérience qui a consisté à maintenir immergée, pendant vingt-quatre heures, une portion d'une baguette d'ornement, sans que la partie ainsi éprouvée ait présenté de différence avec les autres.

« Indépendamment de divers objets d'ornement, M. Ardisson présente une tête de profil dont le relief est des plus élevés, et qui atteste toute l'étendue des applications qu'il peut donner à son procédé. » (Voir *Bulletin de la Société d'encouragement*, mars 1845, p. 90.)

SERRURERIE. — Le serrurier est un ouvrier qui tire son nom de la fabrication des serrures, lesquelles sont en effet le principal objet de son travail et de son commerce; mais son art s'applique à une multitude infinie d'autres objets, et l'on peut dire que, considéré sous ce point de vue, il n'y a guère d'arts plus étendus. En général, le serrurier fabrique tous les ouvrages de fer forgé qui s'emploient dans les bâtiments, tous ceux qui entrent dans la construction des machines de toute espèce, et presque tous les ustensiles qui sont d'usage dans les arts et métiers. Il faut qu'il sache connaître et employer à propos les différentes qualités de fer, et qu'il ait une certaine connaissance du dessin pour les ouvrages qui demandent du goût et du génie, tels par exemple, que ces grilles, ces balustrades, ces balcons, où la richesse des ornements et de la décoration doit se trouver réunie avec la solidité de l'ouvrage.

Les serruriers français se sont toujours distingués dans cette partie : entre les beaux ouvrages qu'ils ont produits, on admire les magnifiques grilles de l'église de Paris et de l'abbaye de Saint-Denis; celles des châteaux de Versailles et de Maisons; celles qui ont été faites à Nancy pour la Place du roi, et à Paris, pour le Portugal. On admire de même la rampe de la chaire de l'église Saint-Roch à Paris, et l'on a vu en dernier lieu sortir de l'atelier d'un serrurier de Paris une console de fer poli et travaillé, qui ne déparerait point les appartements les plus richement décorés. La grille du chœur de Saint-Germain-l'Auxerrois et la rampe du grand escalier du Palais-Royal, que l'on voit aujourd'hui, ne sont pas moins dignes de l'attention des connaisseurs par leur beau poli, la richesse de leur dessin et de leur ornement.

Nous emprunterons les curieux détails qui suivent, sur l'art du serrurier, au *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

Serrurier en bâtiment. — De tous les ouvrages de serrurerie celui qui demande le plus d'habileté et d'adresse dans l'ouvrier, celui qui exige le plus d'attention pour sa bonté et sa sûreté, celui enfin dont l'usage est le plus important, est sans contredit la serrure.

Notre intention n'est pas de décrire ici les innombrables serrures inventées jusqu'à ce jour; nous nous contenterons de dire quelques mots sur les différentes pièces qui entrent dans la composition d'une serrure, et sur les principaux systèmes que l'on a employés et que l'on emploie aujourd'hui.

La serrure est une petite machine en fer, quelquefois en cuivre, qu'on applique sur le bord d'un ventail de porte ou d'armoire, ou sur les coffres, tiroirs et secrétaires, pour les fermer, et qu'on ouvre ou ferme avec une clef.

Tout le mécanisme de la serrure est enfermé dans une boîte en fer nommée *palatre*. Cette boîte se compose d'un fond rectangulaire sur lequel sont appliqués les côtés relevés : le plus haut, à travers lequel passe le pêne, se nomme le rebord; les trois autres côtés composés d'une feuille de tôle forment ce que l'on appelle la *cloison*. Cette feuille de tôle porte de petites queues saillantes que l'on rive sur le palatre : le palatre et la cloison sont donc assemblés d'une manière très-solide.

Le pêne de la serrure est une espèce de verrou que met en mouvement la clef. La tête du pêne est la partie qui sort de la serrure et qui vient s'engager dans la gâche, petit crampon fixé à vis ou à scellement sur le battant de la porte; la queue du pêne porte, d'un côté, des parties saillantes nommées *barbures* du pêne sur lesquelles la clef agit, et de l'autre, des encoches dans lesquelles tombe un ergot qui termine un ressort appelé l'*arrêt du pêne*. Le pêne est simple ou fourchu, selon que la tête est d'un seul morceau ou formée de plusieurs dents. Enfin, dans l'intérieur de la serrure se trouvent certaines pièces de tôle contournées, qui s'accordent avec les découpures faites à la clef; c'est ce que l'on appelle les gardes ou garnitures de la serrure. Ces gardes s'opposent au mouvement de toute clef qui n'aurait pas les entailles nécessaires. La clef se compose de l'anneau où on applique la main, du canon si elle est forée, ou du bout si elle ne l'est pas, et du panneton. Le panneton lui-même se compose du museau, partie plane ou courbe qui touche le pêne de la serrure, et du corps qui est la partie comprise entre le museau et la tige. Le panneton porte diverses entailles pour donner passage aux gardes ou garnitures de la serrure. Ces entailles portent différents noms suivant leurs positions. Le canon n'est pas toujours percé d'un trou cylindrique; quelquefois il est en trèfle, en fer de lance, etc. Tous ces trous s'accordent avec la broche de la serrure fixée bien solidement au palatre.

Le verrou est la serrure réduite à sa plus simple expression. Il se compose d'une barre de fer qui glisse dans les cramponets et qui ferme une porte ou une fenêtre. Le verrou peut être horizontal ou vertical ; on le fait marcher avec la main, avec une clef, ou avec une bascule. Les verrous de sûreté sont mûs par une clef qui leur est particulière.

Le loquet est, de même que le verrou, une serrure excessivement simple, il n'opère pas de fermeture, il ne sert qu'à retenir la porte dans sa position.

Le bec-de-cane est une serrure dont le pêne à demi-tour est taillé en chanfrein ; de sorte qu'en poussant la porte elle se ferme d'elle-même, le pêne étant continuellement poussé par un ressort. Le bec-de-cane proprement dit n'a pas de clef, il s'ouvre avec un bouton.

La serrure à un tour et demi renfermé, comme le bec-de-cane, un pêne poussé par un ressort, et tellement disposé qu'il est poussé au dehors de la serrure par un tour de clef.

La serrure à pêne dormant est celle dans laquelle le pêne ne sort que quand il est poussé par une clef; elle peut être à un tour et demi ou à deux tours.

La serrure à deux tours et demi se compose de la serrure à pêne dormant et du bec-de-cane réunis ; le pêne est mis en mouvement par une clef à deux tours, et le bec-de-cane par une clef ou un bouton.

Lorsque la clef est forée, la serrure porte une broche dans laquelle la clef entre ; ce sont les serrures à broches. D'autres fois la clef n'est pas forée, l'extrémité est formée en bouton et tourne dans un trou pratiqué au fond de la boîte : ce sont les serrures bénardes ; elles s'ouvrent des deux côtés.

Toutes les serrures que nous venons de passer en revue renferment un pêne qui sort de la serrure et vient s'engager dans la gâche qui est à scellement, à pointes ou à vis. Il existe un autre genre de serrures dans lesquelles le pêne reste toujours enfermé dans la serrure ; il faut que la pièce qui lui sert de gâche porte des anneaux plats qui entrent par des ouvertures pratiquées dans le corps de la serrure ; on les nomme des *auberons*. Les cadenas, les serrures de coffre, etc., etc., rentrent dans cette classe. Il y a un troisième genre de serrures que l'on nomme serrures à combinaison. Ces serrures se composent d'un mécanisme dont les pièces doivent s'ajuster dans certaines positions pour que la serrure puisse s'ouvrir.

Parmi ces serrures, les unes s'ouvrent avec une clef, d'autres s'ouvrent d'elles-mêmes quand la combinaison en a été convenablement placée. Il y a enfin un quatrième genre de fermeture qui porte le nom de *secret*. Ce nom lui vient de ce que, pour parvenir à ouvrir une porte fermée à secret, il faut agir d'une certaine manière. Une fois ce secret connu, la fermeture devient inutile.

Nous avons vu précédemment que les serruriers mettaient dans l'intérieur de leurs serrures des feuilles de tôle contournées, nommées *gardes*, qui s'opposent au mouvement de toute clef qui ne porte pas les entailles nécessaires pour les laisser passer. Les serruriers, pour donner plus de sûreté à leurs serrures, ont varié à l'infini la forme des gardes. Ils ont même fait des serrures dans lesquelles ces gardes sont mobiles ; mais quelque compliquées que soient les serrures à gardes, il n'en est aucune qui soit réellement de sûreté ; elles le sont toutes de nom, mais aucune ne l'est en réalité. Il suffit, en effet, d'examiner l'intérieur d'une serrure pour être convaincu qu'elle ne donne aucune garantie de sûreté. Les voleurs, aidés de leurs *rossignols*, parviennent à ouvrir les serrures que l'on croyait inviolables par suite de la complication de leurs gardes. Enfin, si les gardes sont tellement compliquées que les *rossignols* ne puissent arriver

jusqu'au pêne, ils reviennent à la porte à plusieurs reprises, et font si bien qu'à la fin ils fabriquent une clef parfaitement appropriée à la serrure.

On voit donc que les serrures ordinaires, que les serrures dites de *sûreté* ne mettent nullement les propriétaires à l'abri des tentatives des voleurs. Restent, par conséquent, les serrures à combinaisons. Nous avons vu que ces serrures se divisaient en deux genres : dans le premier, se trouvent les serrures que l'on ouvre avec une clef construite d'une manière particulière et qu'il est impossible d'imiter si on a le soin de ne pas la laisser à tout le monde. Dans le second se trouvent celles qui s'ouvrent en plaçant les pièces qui les composent dans des positions connues seulement du propriétaire.

Le cadenas à lettres, serrure à combinaison du second genre, se compose de quatre ou plusieurs viroles qui portent les lettres de l'alphabet ou des signes quelconques. Le cadenas ne peut s'ouvrir que quand les quatre signes voulus sont sur une même ligne, dont la direction est tracée sur chacune des plaques qui terminent le cadenas.

On a construit des serrures sur le même principe : les viroles étaient sur une même ligne, et le pêne, formé comme un peigne, ne pouvait se dégager que quand elles étaient placées sur les caractères convenables. Ces cadenas ou serrures, pour répondre à la sûreté qu'on en attend, doivent être parfaitement construits; malheureusement c'est ce qui n'arrive presque jamais. Or, rien n'est plus facile que d'ouvrir un cadenas à lettres mal construit

Les serrures à combinaison du premier genre, c'est-à-dire celles qui s'ouvrent avec une clef, présentent plus de sûreté. La première serrure à combinaison connue est la serrure *égyptienne*. Cette serrure remarquable se compose d'un verrou passant dans une mortaise pratiquée dans une pièce de bois ou de fer. Sa course est bornée par une encoche qui vient s'appuyer contre les bords de la mortaise. Dans la pièce où est pratiquée la mortaise, on a fait une ouverture recevant une petite pièce de bois carrée, placée au-dessous du verrou. Cette pièce est garnie de chevilles irrégulièrement placées, et qui répondent à des trous percés dans la partie longitudinale du verrou. Le verrou lui-même est percé d'un trou longitudinal recevant la clef qui est en bois, ainsi que tout l'appareil, et qui porte à son extrémité des chevilles disposées de la même manière que les trous pratiqués dans la partie longitudinale du verrou. Afin que les chevilles plantées dans la pièce de bois carrée située dans l'ouverture de la mortaise, les trous du verrou et les chevilles de la clef, se correspondent, on place ces trois pièces l'une sur l'autre et on perce les trous du même coup. Supposons que le verrou soit poussé de manière que l'encoche vienne toucher la mortaise, les trous du verrou répondant aux chevilles fixées dans la pièce de bois dont nous venons de parler, et cette pièce descendant par son poids, le verrou se trouve évidemment arrêté. Pour le faire mouvoir il faut se servir de la clef; pour cela, on l'introduit dans le trou du verrou jusqu'à ce qu'elle touche le fond; on la soulève, et, comme les chevilles dont elle est garnie répondent aux trous du verrou, toutes les chevilles de la pièce de bois se sont soulevées à la fois; d'un autre côté, les chevilles de la clef étant d'une hauteur égale à l'épaisseur du verrou, les chevilles sont soulevées au-dessous du verrou, et, en tirant la clef, on entraîne le verrou qui n'est plus retenu par les chevilles de la pièce de bois.

Plusieurs serrures à combinaison ont été construites d'après le même principe : nous ne les décrirons pas toutes ici. Parmi ces serrures, celle qui mérite la préférence est sans contredit celle inventée par Joseph Bramah, mécanicien anglais. Si on a le soin de ne pas laisser sa clef à la disposition de tout le monde, on peut être assuré d'avoir une serrure tout à fait incrochetable. — Soit un cadre rectangulaire que nous désignerons par ces lettres *M*, *N*, dans les deux petits côtés duquel on a pratiqué deux rainures *A*, *B*, dans lesquelles se meut horizontalement un pêne *x y*. Si sur chacun de ses grands côtés on fait six entailles *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, et qu'on place dans chacune d'elles une lame d'acier ou de bon fer, qui puisse se mouvoir librement et presque sans jeu, dans les entailles, le pêne *x y* ne pourra avoir aucun mouvement en avant ou en arrière si ces lames se trouvent engagées dans autant d'entailles qu'on en a pratiqué dans sa longueur, vis-à-vis chacune des lames. Mais si ces lames portent à différentes hauteurs des entailles *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, de la même profondeur dont elles s'engagent dans le pêne, celui-ci sortira avec facilité quand on aura élevé toutes ces lames de manière à ce que les entailles qu'elles portent se trouvent toutes dans la même ligne horizontale que parcourt le pêne. On produit cet effet d'un seul coup en employant une clef dont les panetons ont tous d'une longueur inégale et correspondant à la distance où les entailles des lames se trouvent du pêne.

La pose des sonnettes est une partie de l'art à laquelle les serruriers attachent beaucoup d'importance. Rien cependant n'est plus facile que de changer la direction d'un mouvement rectiligne au moyen de leviers coudés, ou de poulies de renvoi. Tout consiste à faire agir les leviers ou poulies dans le plan des deux directions que l'on veut donner au fil de fer.

Les leviers coudés que les serruriers emploient, connus sous le nom de mouvement de sonnettes, sont de petits triangles en fer ou en cuivre qui roulent par le sommet d'un de leurs angles sur une petite broche piquée dans le mur. Quelques-uns sont horizontaux, d'autres sont verticaux. L'ouvrier doit s'arranger de manière à disposer sa transmission suivant les localités, et à faire suivre au fil la direction qu'elles exigent. Pour cela il est forcé de percer des trous dans les

murs, les cloisons, etc., etc. Il doit donc être muni de tous les appareils nécessaires à cet effet.

Pour peu qu'il y ait trois ou quatre mouvements, on éprouve un peu de roide dans le jeu de la sonnette, par suite du frottement de ces mouvements sur leurs axes et des frottements du fil de fer dans les trous qu'il traverse .Pour aider à l'effort du ressort auquel la sonnette est attachée, on place, dans la direction même du fil, des ressorts en fer ou en cuivre, composés d'un fil de fer ou de cuivre enroulé en hélice sur un cylindre; c'est ce que l'on appelle *les ressorts à boudin*. Les mouvements dont nous venons de parler sont toujours apparents; cela produit un mauvais effet, surtout dans les appartements à corniches. On remédie à cet inconvénient en les remplaçant par des poulies qui se logent dans des cavités pratiquées dans les angles des murs, qu'on recouvre ensuite avec une feuille de tôle dans laquelle on pratique une ouverture pour laisser passer les deux fils.

Nous aurions encore bien des choses à dire sur le ferrage des portes, des fenêtres, sur la construction des rampes, etc., etc.; mais nous ne pourrions le faire sans sortir des bornes de cet article. Pour tous les détails nécessaires, nous renverrons aux ouvrages de MM. Hoyau et Degrandpré.

Nous terminerons ce qui a rapport au serrurier en bâtiments par quelques considérations sur l'estimation des ouvrages de serrurerie; nous dirons ensuite quelques mots sur la manière de régler les mémoires, partie qui intéresse non-seulement les serruriers, mais encore ceux qui les font travailler.

La serrurerie a deux genres de fournitures : le premier renferme les ouvrages faits sur commande et à la convenance des localités : ce sont les ouvrages de forge; le second comprend les objets fabriqués, connus sous la dénomination de quincaillerie. Il est difficile d'évaluer d'une manière bien exacte le prix de revient des ouvrages de forge. Pour 100 kil. de gros fer mis en place, par exemple, ce prix se compose : 1° du prix de la matière première, qui varie à chaque instant, et qui aujourd'hui est réglé à des prix tellement bas, qu'il est bien difficile à un serrurier de faire du bon pour ce prix. On a reconnu, en effet, que pour obtenir 100 kil. de fer forgé, il fallait employer 103 kil. de fer brut. Il y a donc 3 kil. de fer perdu; c'est ce qui constitue le déchet. Ce déchet est excessivement variable; il dépend de la qualité du fer, de celle du charbon, et surtout de l'habileté du forgeron. Dans tous les cas, il doit entrer dans le prix du compte de revient; 2° du prix du charbon consommé par la forge; 3° du prix de la main d'œuvre, dans laquelle se trouve compris le temps employé par le forgeron et son aide pour préparer la pièce; 4° du prix de la pose, dans lequel on ne comprend que le temps employé par l'ouvrier pour poser l'ouvrage sur place; 5° enfin, de faux-frais dans lesquels on comprend, 1° la location de la boutique; 2° la patente et les droits; 3° l'établissement et l'entretien des forges et de leurs accessoires; 4° le transport des ouvrages faits de l'atelier au bâtiment.

Les auteurs varient sur le chiffre que l'on doit allouer aux entrepreneurs pour le déchet et les faux-frais; tous accordent 1/6 du tout pour le bénéfice. Morizot admet 1/10 pour le déchet et 1/5 de la main-d œuvre pour les faux-frais; Toussaint accorde 1/6 de la main-d'œuvre pour les faux-frais.

L'évaluation des ouvrages de quincaillerie est beaucoup plus facile; elle se compose : 1° du prix d'acquisition principale; 2° de celui des menues fournitures accessoires à certaines pièces et servant à leur pose, comme les vis, les clous, etc., etc.; 3° enfin du prix de la pose.

Il y a en général trois manières de compter les ouvrages de serrurerie; les uns se comptent au poids : ce sont les grosses pièces, les ancres, les chaînes, etc.; les autres à la mesure linéaire : telles sont les rampes d'escaliers, les espagnolettes, etc.; d'autres enfin se comptent à la pièce : ce sont les objets fournis en partie par la quincaillerie, les serrures, pommelles, etc. Nous ne déterminerons ici aucun prix; ils sont, en effet, si variables qu'on ne sait pas aujourd'hui ce qu'ils seront dans deux ou trois mois.

Dans tout ce que nous venons de dire on suppose toujours que les fournitures sont faites dans les premières qualités; lorsqu'elles seront de qualité inférieure, l'architecte diminuera de 1/5°, 1/4 et même 1/2 du prix de fournitures; si l'ouvrage est mal fait, il le refusera.

Il faut une bien grande habitude des détails de serrurerie et avoir l'œil bien exercé, pour ne pas se laisser imposer par les énonciations amplifiées de MM. les serruriers. On rencontre quelquefois des entrepreneurs qui demandent, dans plusieurs articles de leurs mémoires, la fourniture d'un objet. Pour une serrure, par exemple, ils compteront : 1° la fourniture, 2° l'entrée, 3° les boutons, 4° les vis, 5° la gâche, 6° la pose. Leur but est évidemment d'obtenir un prix plus élevé que celui qui leur est dû. Pour les menues réparations d'objets composés de plusieurs pièces cachées, comme les serrures, on rencontre encore des serruriers qui divisent une légère réparation en plusieurs articles, qui, réunis ensemble, donnent un total excédant de beaucoup le prix du même ouvrage neuf. C'est au vérificateur à rassembler en un seul article tout ce qui appartient au même objet, et qui a été livré en même temps, comme la serrure et ses accessoires; il ne doit régler à part que les objets de façon, c'est-à-dire ceux qui ont été faits exprès pour le besoin spécial de l'emplacement.

SOLEIL (*constitution physique du*), par M. Arago. — 1852. — Vers le milieu du mois de juillet dernier, des astronomes appartenant aux principaux observatoires de l'Europe se rendirent en Norwége, en Suède, en Allemagne, en Russie, et s'établirent dans

des villes où l'éclipse de soleil du 28 du même mois devait être totale. Ils espéraient que ce phénomène, étudié avec des instruments puissants, conduirait à des explications plausibles de diverses apparences signalées dans les éclipses antérieures, et sur lesquelles personne n'avait osé se prononcer d'une manière définitive. Comment! se sont écriés des esprits chagrins, peu au fait, je dois le supposer, de l'histoire de l'Astronomie, comment! la science qu'on dit la plus parfaite trouve encore des problèmes à résoudre, même en ce qui concerne l'astre autour duquel tous les mouvements planétaires s'exécutent? est-il vrai qu'à beaucoup d'égards nous ne soyons pas plus avancés que les philosophes de la Grèce antique? On a cru que ces questions devaient être prises au sérieux. Je me suis chargé de rédiger la réponse, sans me dissimuler tout ce qu'elle aura d'aride, et sans oublier que des détails devenus aujourd'hui élémentaires viendront forcément se placer sous ma plume; mais j'ai pensé que l'indulgence ne saurait manquer à celui qui remplit un devoir.

Un coup d'œil général sur les travaux des philosophes anciens et des observateurs modernes nous prouvera d'abord que si l'on a étudié le soleil depuis deux mille ans, le point de vue a souvent changé, et que, dans cet intervalle, la science a fait d'immenses pas en avant.

Anaxagore prétendait que le soleil n'était guère plus grand que le Péloponèse.

Eudoxe, qui jouit dans l'antiquité d'une si grande estime, donnait au même astre un diamètre neuf fois plus grand que celui de la lune. C'était un grand progrès si l'on compare cette évaluation à celle d'Anaxagore. Mais le nombre donné par le philosophe de Gnide s'éloignait encore énormément de la vérité.

Cléomède, qui écrivait sous le règne d'Auguste, dit que les épicuriens, ses contemporains, s'en rapportant aux apparences, soutenaient que le diamètre réel du soleil ne surpassait pas un pied.

Mettons en regard de ces évaluations arbitraires la détermination qui se déduit des travaux des astronomes modernes, exécutés avec les soins les plus minutieux, et à l'aide d'instruments d'une délicatesse extrême. Le soleil a 357,000 lieues (de 4 kilomètres) de diamètre; il y a loin, comme on voit, de ce nombre à celui qu'adoptaient les épicuriens. En supposant le soleil sphérique, son volume est égal à quatorze cent mille fois celui de la terre. Des nombres aussi énormes n'étant pas fréquemment employés dans la vie usuelle, et ne nous donnant pas une idée précise des grandeurs qu'ils impliquent, je rappellerai ici une remarque qui fera mieux sentir l'immensité du volume solaire. Imaginons que le centre du soleil coïncide avec celui de la terre; sa surface non-seulement atteindra la région dans laquelle la lune circule, mais ira presque une fois au delà.

Ces résultats, si remarquables par leur immensité, ont la certitude des principes de géométrie élémentaire qui leur ont servi de base.

La carrière que j'ai à parcourir étant assez étendue, je n'établirai pas en détail la comparaison entre les résultats vraiment absurdes par leur petitesse, auxquels les anciens s'étaient arrêtés sur la distance du Soleil à la Terre, et ceux qu'on a déduits des observations modernes. Je me bornerai même à dire ici qu'il est démontré, et ce n'est pas sans raison que je me sers d'un terme aussi positif, qu'il est démontré, depuis le passage de *Vénus* observé en 1769, que la distance moyenne du soleil à la terre est de 38 millions de lieues, et qu'entre l'hiver et l'été, l'astre s'éloigne de nous de plus d'un million de lieues : telle est la distance du globe immense, dont les astronomes modernes sont parvenus à déterminer la constitution physique. Nous ne trouvons rien à ce sujet dans les anciens philosophes qui mérite de nous occuper un instant.

Leurs disputes sur la question de savoir si le soleil est un feu pur ou grossier, un feu éternel ou susceptible de s'éteindre, n'étant appuyées sur aucune observation, laissaient dans la plus profonde obscurité le problème que les modernes ont essayé de résoudre.

Les progrès qu'on a faits dans cette voie datent de 1611. A cette époque peu éloignée de celle de l'invention des lunettes, un astronome hollandais, *Fabricius*, vit distinctement des taches noires se montrer sur le bord oriental du soleil, s'avancer graduellement vers le centre, le dépasser, atteindre le bord occidental, puis disparaître pendant un certain nombre de jours. De ces observations souvent répétées depuis, on a pu déduire la conséquence que le soleil est un globe sphérique doué sur son centre d'un mouvement de rotation dont la durée est égale à vingt-cinq jours et demi. Ces taches noires, irrégulières et variables, mais bien définies sur leur contour, ont quelquefois des dimensions considérables; on en a vu dont la largeur était plus de cinq fois celle de la terre : elles sont généralement entourées d'une auréole sensiblement moins lumineuse que le reste de l'astre, et qu'on a appelée *pénombre*. Cette pénombre, primitivement remarquée par Galilée, et observée avec soin, dans les changements qu'elle éprouve, par les astronomes ses successeurs, a conduit, sur la constitution physique du soleil, à une supposition qui, de prime abord, doit paraître bien singulière. Cet astre serait un corps obscur entouré, à une certaine distance, d'une atmosphère qui pourrait être comparée à l'atmosphère terrestre, lorsque celle-ci est le siége d'une couche continue de nuages opaques et réfléchissants. A cette première atmosphère en succéderait une seconde, lumineuse par elle-même, qu'on a appelée la *photosphère*. Cette photosphère, plus ou moins éloignée

de l'atmosphère nuageuse intérieure, déterminerait par son contour les limites visibles de l'astre. Suivant cette hypothèse, il y aurait des taches sur le soleil toutes les fois qu'il se formerait, dans les deux atmosphères concentriques, des éclaircies correspondantes, qui permettraient de voir à nu le corps obscur central.

Les personnes qui ont étudié les phénomènes avec des lunettes puissantes, les astronomes de profession, les juges compétents, reconnaissent que l'hypothèse dont je viens de parler sur la constitution physique du soleil rend un compte très-satisfaisant des faits. Cependant elle n'est pas généralement adoptée : des ouvrages qui font autorité représentaient naguère les taches comme des scories flottant à la surface liquide de l'astre et sorties de volcans solaires, dont nous ne trouverions qu'une faible image dans les volcans terrestres. Il était donc désirable qu'on parvînt à déterminer par des observations directes la nature de la matière incandescente du soleil. Mais lorsqu'on songe que nous sommes séparés de cet astre par un intervalle de 38 millions de lieues, et que nous ne pouvons nous mettre en communication avec sa surface visible qu'à l'aide des rayons lumineux qui en émanent, se proposer ce problème semblait être une témérité injustifiable. Les progrès récents de l'optique ont fourni cependant les moyens de le résoudre complétement. Quelques détails, qu'on me pardonnera, rendront cette solution évidente.

Personne n'ignore aujourd'hui que les physiciens sont parvenus à distinguer deux espèces de lumière : la lumière naturelle et la lumière polarisée. Un rayon de la première de ces deux lumières jouit des mêmes propriétés sur tous les points de son contour ; il n'en est pas ainsi de la lumière polarisée. Les différents côtés de ses rayons n'ont pas les mêmes propriétés ; ces dissemblances se manifestent dans une foule de phénomènes que je ne puis mentionner ici. Avant d'aller plus loin, remarquons ce qu'il y a d'étrange dans des expériences qui ont amené légitimement les physiciens à parler des divers côtés d'un rayon de lumière, à distinguer ces côtés les uns des autres ; le mot *étrange*, dont je viens de me servir, paraîtra certainement naturel à ceux qui songeront que des milliards de milliards de ces rayons peuvent passer simultanément dans le trou d'une aiguille sans se troubler. La lumière polarisée a permis d'enrichir les moyens d'investigation des astronomes de quelques instruments curieux dont ils ont déjà tiré un parti avantageux, entre autres de celui qu'on appelle *lunette polariscope*. Si vous regardez directement le soleil avec une de ces lunettes, vous verrez deux images de même intensité et de même nuance, deux images blanches. Supposons maintenant qu'on vise à l'image réfléchie de cet astre sur de l'eau ou sur un miroir de verre. Dans l'acte de la réflexion, les rayons se polarisent ; la lunette ne donne plus alors deux images semblables et blanches, elles sont teintes au contraire des plus vives couleurs sans que les formes aient éprouvé aucune altération. Si l'une est rouge, l'autre sera verte ; si la première est jaune, la seconde offrira la teinte violette, et ainsi de suite, les deux teintes étant toujours ce qu'on appelle complémentaires ou susceptibles par leur mélange de former du blanc. Quel que soit le procédé à l'aide duquel on ait polarisé la lumière naturelle, les couleurs se montrent dans les deux images de la lunette polariscope comme lorsqu'on a visé aux rayons réfléchis par l'eau ou le verre. La lunette polariscope fournit donc un moyen très-simple de distinguer la lumière naturelle de la lumière polarisée.

On a cru pendant longtemps que la lumière, émanant de tout corps incandescent, arrive à l'œil à l'état de lumière naturelle, lorsque dans le trajet elle n'a été ni partiellement réfléchie ni fortement réfractée. Cette proposition manquait d'exactitude à certains égards. Un membre de l'Académie est parvenu à reconnaître que la lumière qui émane, sous un angle suffisamment petit, de la surface d'un corps solide ou d'un corps liquide incandescent, lors même qu'elle n'est pas polie, offre des marques évidentes de polarisation ; en sorte qu'en pénétrant dans la lunette polariscope elle se décompose en deux faisceaux colorés. La lumière qui émane d'une substance gazeuse enflammée, d'une substance semblable à celle qui éclaire aujourd'hui nos rues, nos magasins, est toujours, au contraire, à l'état naturel, quel qu'ait été son angle d'émission. Le procédé mis en usage pour décider si la substance qui rend le soleil visible est solide, liquide ou gazeuse, ne sera plus qu'une application très-simple des remarques qui précèdent, malgré les difficultés qui paraissaient découler de l'immense distance de l'astre.

Les rayons qui nous font voir les bords du disque sont évidemment sortis de la surface incandescente sous un très-petit angle. Les bords des deux images vus directement, que fournit la lunette polariscope, paraissent-ils colorés, la lumière de ces bords provient d'un corps liquide ; car toute supposition qui ferait de la surface extérieure du soleil un corps solide est écartée définitivement par l'observation du rapide changement de forme des taches. Les bords ont-ils conservé dans la lunette leur blancheur naturelle, ils sont nécessairement gazeux (1).

(1) Les corps incandescents dont on avait étudié, avec un polariscope, la lumière émise sous différents angles sont les suivants : *solides*, le fer forgé et l

Les observations faites en regardant directement le soleil un jour quelconque de l'année, à l'aide de grandes lunettes polariscopes, ne laissent apercevoir aucune trace de coloration. Donc la substance enflammée qui dessine le contour du Soleil est gazeuze. Nous pouvons généraliser la conclusion, puisque les divers points de la surface du Soleil, par l'effet du mouvement de rotation, viennent chacune à leur tour se placer sur le bord. Cette expérience fait sortir du domaine des simples hypothèses la théorie que nous avons indiquée précédemment sur la constitution de la photosphère solaire. On ne trouve, bien entendu, ni dans les conceptions arbitraires, fruits de l'imagination brillante des anciens philosophes de la Grèce, ni dans ce qui nous est resté des travaux des plus célèbres astronomes de l'école d'Alexandrie, rien qui puisse, même par une assimilation forcée, être comparé aux résultats que je viens d'énoncer : ces résultats, proclamons-le hautement, sont entièrement dus aux efforts réunis des observateurs du XVIIe et du XVIIIe siècle, et aussi pour une certaine part, à ceux des astronomes nos contemporains. Consignons ici une remarque dont nous aurons bientôt l'occasion de faire l'application, lorsque nous chercherons à déterminer la constitution physique des étoiles. Si la matière de la photosphère solaire était liquide, si les rayons émanés de son bord étaient polarisés, on verrait non-seulement des couleurs sur chacune des deux images fournies par la lunette polariscope, mais elles seraient différentes dans les divers points du contour. Le point le plus élevé sur l'une des images est-il rouge, le point diamétralement opposé sur cette même image sera rouge aussi. Mais les deux extrémités du diamètre horizontal offriront l'une et l'autre une teinte verte, etc. Si donc l'on parvenait à réunir en un point unique les rayons émanés de toutes les parties ou limbe du soleil, même après leur décomposition dans la lunette polariscope, le mélange serait blanc.

La constitution du soleil telle que je viens de l'établir peut également servir à expliquer comment il existe à la surface de l'astre des taches non pas noires, mais lumineuses. Les unes furent appelées *facules*; Galilée les observa le premier; les autres, beaucoup moins étendues, rondes pour la plupart, aperçues par Scheiner, et qu'il nomma des *lucules*, font que la surface de l'astre paraît pointillée. Je pourrais, chose singulière, faire remonter la découverte d'une des principales causes des facules et des lucules à une visite administrative dans un magasin de nouveautés, situé sur nos boulevards.

J'ai à me plaindre de la compagnie du gaz, disait le propriétaire de l'établissement; elle devrait diriger sur mes marchandises la partie la plus large de cette flamme à papillon, et souvent, par la négligence de ses employés, c'est par la tranche qu'on les éclaire. — Êtes-vous bien sûr, répondit un des assistants, que dans cette position la flamme éclaire moins que dans la première? Le doute ayant paru mal fondé, je dirai même, ayant paru absurde, on se livra à des expériences exactes, et il fut constaté qu'une flamme verse sur un objet une égale quantité de lumière quand elle l'éclaire par la tranche et lorsqu'elle se présente à lui par sa plus large surface. De là résultait la conséquence qu'une surface gazeuse incandescente et d'une étendue déterminée, est plus lumineuse si on la voit obliquement que sous l'incidence perpendiculaire. Par conséquent, si la surface solaire offre des ondulations comme notre atmosphère lorsqu'elle se couvre de nuages pommelés, elle doit paraître comparativement faible dans les parties de ces ondulations qui se présentent perpendiculairement à l'observateur, et plus brillante dans les portions inclinées; toute cavité conique doit nous sembler une lucule. Il n'est donc pas nécessaire, pour rendre compte des apparences, de supposer qu'il existe sur le soleil des milliers de foyers plus incandescents que le reste du disque, ou des milliers de points se distinguant des régions voisines par une plus grande accumulation de la matière lumineuse.

Après avoir constaté que le soleil se compose d'un corps obscur central, d'une atmosphère nuageuse réfléchissante et d'une photosphère, nous devons naturellement nous demander s'il n'y a rien au delà, si la photosphère finit brusquement et sans être entourée d'une atmosphère gazeuze peu lumineuse par elle-même, ou faiblement réfléchissante. Cette troisième atmosphère

platine; *liquides*, la fonte de fer et le verre en fusion. D'après ces expériences, vous avez le droit d'affirmer, dira-t-on, que le soleil n'est ni de la fonte de fer fondue, ni du verre en fusion; mais qui vous autorise à généraliser? Voici ma réponse : Suivant les deux seules explications qu'on ait données de la polarisation anormale que présentent les rayons émis sous des angles aigus, tout doit se passer de même, sauf la quantité, quel que soit le liquide, pourvu que la surface d'émergence ait un pouvoir réfléchissant sensible. Il n'y aurait que le cas dans lequel le corps incandescent serait, quant à sa densité, analogue à un gaz, comme, par exemple, le liquide, d'une rareté presque idéale, que plusieurs géomètres ont été amenés à placer hypothétiquement aux dernières limites de notre atmosphère où les phénomènes de polarisation et de coloration disparaîtraient peut-être. Je n'ignore pas ce que j'ajouterais de valeur à l'expérience rapportée dans le texte en la discutant au point de vue photométrique. Je possède tous les éléments d'un pareil examen, mais ce n'est pas ici le lieu de les développer. J'irai cependant au-devant d'une difficulté : je dois faire remarquer que les lumières provenant de deux substances liquides peuvent, suivant la nature spéciale de ces substances, ne pas être identiques sous le rapport du nombre et de la position des bandes obscures de Fraunhofer, que leurs spectres prismatiques offrent aux yeux du physicien. Ces dissemblances sont de nature à être considérablement augmentées par les atmosphères diversement constituées que les rayons ont traversées avant d'arriver à l'observateur.

disparaîtrait ordinairement dans l'océan de lumière dont le soleil paraît toujours entouré, et qui provient de la réflexion de ses propres rayons sur les particules dont se compose l'atmosphère terrestre. Un moyen se présentait de lever ce doute, c'était de choisir le moment où, dans une éclipse totale, la lune couvre complétement le soleil. Presque à l'instant où les derniers rayons partis des bords de l'astre radieux disparaissent sous l'écran opaque formé par la lune, notre atmosphère, dans la région qui se projette sur les deux astres, et les parties environnantes cessent d'être éclairées.

On sait maintenant quel fut l'objet principal que se proposèrent les astronomes qui, en 1842, se rendirent dans le midi de la France, en Italie, en Allemagne, en Russie, où l'éclipse de soleil du 8 juillet devait être totale. Dans tous les genres de recherches, la part de l'imprévu est toujours immense; aussi les observateurs furent étrangement surpris lorsque, après la disparition des derniers rayons directs du soleil derrière le bord de la lune, et celle de la lumière réfléchie par l'atmosphère terrestre environnante, ils virent quelques protubérances rosacées de 2 à 3 minutes de hauteur s'élancer pour ainsi dire du contour de notre satellite. Chaque astronome, suivant la pente ordinaire de ses idées, s'arrêta à une opinion particulière sur la cause de ces apparitions. Les uns les attribuèrent à des montagnes de la lune; cette hypothèse ne supportait pas une minute d'examen. D'autres y voulurent voir des effets de diffraction, ou de réfraction. Mais le calcul est la pierre de touche de toutes les théories, et le vague le plus indéfini accompagnait, quant à leurs applications aux phénomènes signalés, celles dont je viens de parler. Des explications qui ne rendent un compte précis, ni de la hauteur, ni de la forme, ni de la couleur, ni de la fixité d'un phénomène, ne doivent pas prendre place dans la science.

Venons à l'idée, fort préconisée un moment, que les protubérances de 1842 étaient des montagnes solaires dont les sommités dépassaient la photosphère couverte par la lune au moment de l'observation. D'après les évaluations les plus modérées, la hauteur d'un de ces sommets au-dessus du disque solaire aurait été de 19,000 lieues. Je sais très-bien qu'aucun argument basé sur l'énormité de cette hauteur ne devait conduire à rejeter l'hypothèse. Mais on pouvait l'ébranler fortement en faisant remarquer que ces prétendues montagnes offraient des parties considérables en surplomb, et qui conséquemment, en vertu de l'attraction solaire, auraient dû s'ébouler.

Jetons un coup d'œil rapide sur une quatrième hypothèse, celle suivant laquelle les protubérances seraient assimilées à des nuages solaires nageant dans une atmosphère gazeuse. Nous ne trouverions alors aucun principe de physique qui pût, nous empêcher d'admettre l'existence de masses nuageuses de 25 à 30,000 lieues de long, à contours arrêtés et affectant des formes les plus tourmentées. Seulement, en suivant plus loin l'hypothèse, on aurait le droit de s'étonner qu'aucun nuage solaire n'eût été jamais aperçu entièrement séparé du contour de la lune. C'est vers cette constatation, le cas échéant, que devaient être dirigées les recherches des astronomes.

Une montagne ne pouvant se soutenir sans une base, il devait suffire de l'observation fortuite d'une protubérance séparée en apparence du bord de la lune, et, par conséquent, du bord réel de la photosphère solaire, pour renverser de fond en comble l'hypothèse des montagnes solaires. Mais, qu'on le remarque bien, il n'en est pas des recherches astronomiques comme de celles des chimistes et des physiciens; ces derniers font varier à volonté les conditions dans lesquelles ils opèrent, et qui peuvent changer la nature des résultats. Les astronomes n'exercent aucune influence sur les phénomènes qu'ils étudient; ils sont obligés d'attendre, quelquefois pendant des siècles, que les astres s'offrent à eux dans les positions favorables à la solution d'une difficulté. Cette fois, les doutes soulevés par les observations de 1842 ont déjà pu être soumis à un nouvel examen expérimental, l'année dernière. Une éclipse de soleil était annoncée pour le 8 août 1850; elle devait être totale aux îles Sandwich.

Le capitaine de vaisseau Bonnard, commandant notre station d'Otaïti, eut l'heureuse pensée d'envoyer le conducteur des ponts et chaussées, M. Kutscyki, de l'île de Taïti à Honolulu, capitale de l'archipel des Sandwich. La relation que nous avons reçue de cet observateur habile renferme la phrase suivante: *Le trait délié et rougeâtre qui se trouvait près de la protubérance nord a paru complétement détaché du bord de la lune.*

Postérieurement, dans l'éclipse du 28 juillet 1851, MM. Mauvais et Goujon, établis à Dantzig, et des astronomes étrangers très-célèbres, qui s'étaient transportés en divers points de la Norwége, de la Suède et du nord de l'Allemagne, virent, les uns et les autres, dans toutes les stations, une tache également rougeâtre, qui se trouvait séparée du limbe de la lune.

L'observation de M. Kutscyki, et les observations concordantes de 1851, mettent fin sans retour aux explications des protubérances, fondées sur la supposition qu'il existerait dans le soleil des montagnes dont les sommets dépasseraient considérablement la photosphère.

Lorsqu'il sera prouvé rigoureusement que ces phénomènes lumineux ne sauraient être l'effet des inflexions que les rayons solaires éprouveraient en passant près des aspérités qui bordent le contour de la lune; lorsqu'il sera démontré que ces teintes rosacées ne peuvent être assimilées à de simples apparences optiques, et ont une existence réelle, qu'elles sont de véritables nuages solaires; il y aura une nouvelle atmosphère à ajouter

aux deux dont nous avons déjà parlé, car des nuages ne pourraient se soutenir dans le vide (1).

Chacun sait maintenant ce qui reste d'incertain sur un point très-particulier de la constitution physique du soleil. Si l'on songe que les phénomènes qui pouvaient servir à trancher tous les doutes sont habituellement invisibles, qu'ils ne peuvent être aperçus que pendant les éclipses totales de soleil ; que les éclipses totales de soleil sont peu nombreuses ; que, depuis l'invention des lunettes, les astronomes d'Europe et d'Amérique n'avaient guère eu l'occasion d'en observer convenablement que six ; personne n'aura plus le droit de s'étonner qu'au milieu du XIXe siècle, la question soulevée par les flammes rougeâtres mystérieuses dont on a tant parlé soit encore à l'étude.

Après les éclaircissements que nous venons de donner, indiquons en peu de mots par quelle série de mesures et de déductions la science est parvenue à fixer la véritable place du soleil dans l'ensemble de l'univers.

Archélaüs, qui vivait en 448 avant Jésus-Christ, fut le dernier philosophe de la secte ionienne ; il disait du soleil : *C'est une étoile, seulement cette étoile surpasse en grandeur toutes les autres.* La conjecture, car ce qui ne repose sur aucune mesure, sur aucune expérience, ne mérite pas une autre qualification, était certainement très-hardie et très-belle. Franchissons un intervalle de plus de deux mille ans, et nous trouverons les rapports du soleil et des étoiles établis par les travaux des modernes, sur des bases qui défient toute critique.

Depuis près d'un siècle et demi, les astronomes cherchaient à déterminer la distance des étoiles à la terre ; les insuccès répétés semblaient prouver que le problème était insoluble. Mais quels sont les obstacles dont le génie uni à la persévérance ne parvienne à triompher. Nous connaissons depuis très-peu d'années la distance qui nous sépare des étoiles les plus voisines. Cette distance est d'environ 206,000 fois la distance du soleil à la terre, plus de 206,000 fois 38 millions de lieues. Le produit de 206 mille par 38 millions serait trop en dehors des nombres que nous avons l'habitude de considérer, pour qu'il soit utile de l'énoncer. Ce produit frappera davantage l'imagination si je le rapporte à la vitesse de la lumière. Alpha de la constellation du Centaure est l'étoile la plus voisine de la Terre, si toutefois il est permis de parler de voisinage lorsqu'il s'agit des distances que je vais rapporter. La lumière d'Alpha du Centaure emploie plus de trois ans à nous parvenir, en sorte que si l'étoile était anéantie, nous la verrions encore trois ans après sa destruction. Qu'on se rappelle que la lumière parcourt 77,000 lieues (308,000 kilomètres) par seconde, que le jour se compose de 86,400 secondes, l'année de 365 jours, et l'on restera comme atterré devant l'immensité de ces nombres. Munis de ces données, transportons le soleil à la distance de cette étoile la plus voisine de toutes, et ce disque circulaire si vaste, qui le matin s'élève peu à peu et majestueusement au-dessus de l'horizon, qui le soir emploie un temps considérable à descendre tout entier au-dessous de ce même plan, n'aura plus que des dimensions insensibles, même dans les plus fortes lunettes, et son éclat le rangera parmi les étoiles de troisième grandeur. On voit ce qu'est devenue la conjecture d'Archélaüs. On se sentira peut-être humilié d'un résultat qui réduit à si peu de chose notre place dans le monde matériel ; mais qu'on y songe, l'homme y est parvenu en tirant tout de son propre fonds ; par là il s'est élevé au rang le plus éminent dans le monde des idées. Les investigations astronomiques seraient donc très-propres à faire excuser de notre part un peu de vanité. Que ne m'est-il permis de suivre les astronomes modernes dans leur pérégrination immortelle à travers la multitude de soleils qui brillent au firmament ! Nous les verrions d'abord fixer, à l'aide de leurs instruments, les positions relatives de ces astres, en cataloguer une centaine de mille ; on sait que Pline l'Ancien s'étonnait qu'Hipparque eût essayé d'en observer 1,022 et qu'il comparait ce travail à celui d'un dieu. Nous remarquerions dans des ouvrages récents des recensements complets qui nous montreraient que le nombre des étoiles visibles à l'œil nu dans un seul hémisphère, l'hémisphère boréal, est inférieur à 3,000. Résultat certain et qui cependant frappera d'étonnement par sa petitesse les personnes qui ont examiné vaguement le

(1) Pour que ces nuages se soutinssent dans le vide, il faudrait que la force centrifuge résultant de leur mouvement circulatoire fût à chaque instant égale à la pesanteur qui tendrait à les faire tomber vers le soleil. Il faudrait les transformer en de véritables planètes faisant leur révolution autour de cet astre avec une extrême rapidité. Telle est, en substance, l'explication que M. Babinet a donnée des protubérances de 1842, dans la séance de l'Académie des sciences du 16 février 1846. Le lecteur verra, dans le Mémoire du savant académicien, les considérations ingénieuses sur lesquelles s'appuie cette théorie, et comment elle peut se rattacher au système cosmogonique de Laplace. Je crois, maintenant que le phénomène a été minutieusement observé, que M. Babinet trouvera plus d'une difficulté à concilier l'immense vitesse qu'il est forcé d'attribuer à la matière des protubérances avec l'immobilité relative de celles qui ont été observées en 1851, et le changement de hauteur qu'elles ont offert. Ces difficultés disparaissent lorsque les taches sont assimilées à des nuages flottant dans une atmosphère solaire douée d'un mouvement de rotation peu rapide.

Je ferai, au reste, remarquer que l'existence de cette troisième atmosphère est établie par des phénomènes d'une toute autre nature, par les intensités comparatives du bord et du centre du soleil, et aussi à quelques égards par la lumière zodiacale, si visible dans nos climats aux époques des équinoxes. Mais la question envisagée de ce point de vue exigerait des détails que je suis forcé de m'interdire.

ciel dans de belles nuits d'hiver. Cet étonnement changerait de nature si nous passions aux étoiles télescopiques. En faisant cette fois porter le dénombrement jusqu'aux étoiles de quatorzième grandeur, les dernières qu'on aperçoive dans nos plus puissantes lunettes, nous trouverions, par une évaluation qui ne fournirait qu'une limite en moins, un nombre supérieur à 40 millions (40 millions de soleils!!), et la distance des plus éloignées d'entre elles serait telle, que la lumière aurait besoin de trois à quatre mille ans pour la parcourir. Nous serions donc amplement autorisé à dire que les rayons lumineux, ces courriers si rapides, nous apportent, s'il est permis de s'exprimer ainsi, l'histoire très-ancienne de ces mondes éloignés.

Une expérience photométrique dont les premières indications existent dans le Cosmotheoros d'Huygens, expérience reprise par Wollaston peu de temps avant sa mort, nous apprendrait qu'il faudrait réunir 20,000 millions d'étoiles semblables à Sirius, la plus brillante du firmament, pour que leur agglomération répandît sur notre globe une lumière égale à celle du soleil. Guidé par le génie perçant de William Herschell, nous examinerions les étoiles qui se touchent presque, et le grand astronome nous prouverait que ces astres, en quelque sorte accouplés, ne paraissent pas voisins les uns des autres, seulement par un effet de perspective, mais qu'ils sont dans une dépendance mutuelle et circulent autour de leur centre commun de gravité dans des temps d'assez courte durée, qui déjà ont pu être déterminés dans certains cas. En observant que ces étoiles doubles sont de couleurs très-dissemblables, nos pensées se porteraient naturellement sur les habitants des corps planétaires obscurs et tournant sur eux-mêmes, qui, suivant toute apparence, circulent autour de ces soleils, et nous remarquerions, non sans une anxiété réelle pour les œuvres des peintres de ces mondes éloignés, qu'à un jour éclairé d'une lumière rouge succède, non pas la nuit, mais un jour également éclatant, éclairé seulement par une lumière verte.

La comparaison des positions des étoiles déterminées à différentes époques nous prouverait qu'elles sont très-improprement appelées des *fixes*, qu'elles se meuvent dans l'espace en divers sens, de manière qu'à la longue, la forme des constellations actuelles sera complétement changée, que les vitesses absolues de ces astres sont inégales, qu'une de celles qu'on a pu obtenir, avec une entière certitude, est de 20 lieues par seconde, que le soleil, semblable en cela à toutes les autres étoiles, n'est pas immobile et entraîne avec lui le cortége de planètes dont il est entouré. Nous serions frappés de l'inégale répartition des étoiles dans la sphère céleste. Là, nous en verrions plus de 20,000 dans un espace superficiel égal à la dixième partie de la surface apparente de la lune; ici, dans une surface de même étendue, pas un seul point lumineux ne serait perceptible, même avec les meilleures lunettes. Après avoir jeté un coup d'œil attentif sur la matière lumineuse disséminée dans des espaces immenses, et qui, par son agglomération continuée pendant des siècles, semble devoir donner naissance à des étoiles nouvelles, nous discuterions les idées grandioses de Wright, de Kant, de Lambert et de William Herschell, sur la constitution de la voie lactée, sur ses dimensions. Enfin, quelques pas de plus dans l'astronomie conjecturale, c'est-à-dire dans cette branche de la science fondée seulement sur d'imposantes probabilités et des généralisations naturelles, nous dévoileraient des phénomènes qui, par leur nature, ou l'énormité des nombres qui les mesurent, jetteraient les esprits les plus fermes dans une sorte de vertige. Mais abandonnons ces spéculations, si dignes d'admiration qu'elles soient, pour rentrer dans la question principale que je me suis proposé de traiter dans cette Notice, pour essayer, si cela est possible, d'établir quelque connexité entre la nature physique des étoiles et celle de notre soleil.

Nous avons réussi, à l'aide de la *lunette polariscope*, à déterminer la nature de la substance dont se compose la photosphère solaire, parce que, à raison du grand diamètre apparent de l'astre, il a été possible d'observer séparément les divers points de son contour. Si le soleil s'éloignait de nous, jusqu'à la distance où son diamètre apparent serait inappréciable comme l'est celui des étoiles, la méthode deviendrait inapplicable. Les rayons colorés, provenant des divers points du contour, se trouveraient alors intimement mêlés, et nous avons déjà dit plus haut que leur ensemble produirait du blanc. Il paraît donc qu'il faut renoncer à appliquer à des astres sans dimensions sensibles le procédé qui nous a si bien conduit au but quand il s'agissait du soleil; il est cependant quelques-uns de ces astres qui se prêtent à ces moyens d'investigation, je veux parler des étoiles changeantes.

Les astronomes ont remarqué des étoiles dont l'éclat varie considérablement : il en est qui passent, dans un très-petit nombre d'heures, de la deuxième à la quatrième grandeur; il en est d'autres chez lesquelles le changement d'intensité est beaucoup plus tranché. Ces étoiles, très-apparentes à certaines époques, disparaissent ensuite totalement pour reparaître de nouveau dans des périodes plus ou moins longues, et sujettes à quelques légères irrégularités. Deux explications de ces curieux phénomènes se présentent à l'esprit : l'une consiste à supposer que l'astre n'est pas également lumineux dans tous les points de sa surface, et qu'il éprouve un mouvement de rotation sur lui-même; alors il est brillant quand sa partie lumineuse est tournée du côté de la Terre, et sombre lorsque la partie obscure arrive à la même position. Dans l'autre hypothèse, un satel-

lite opaque et non lumineux par lui-même, circulant autour de l'étoile, l'éclipserait périodiquement. En raisonnant suivant l'une ou l'autre de ces deux suppositions, la lumière qui nous éclaire quelque temps avant la disparition ou avant la réapparition de l'astre, n'est pas partie de tous les points du contour; il ne peut donc plus être question de la neutralisation complète des teintes dont nous parlions tout à l'heure. Si une étoile changeante, examinée avec la lunette polariscope, reste parfaitement blanche dans toutes ses phases, on peut assurer que sa lumière émane d'une substance analogue à nos nuages ou à nos gaz enflammés. Or, tel est le résultat du petit nombre d'observations qu'on a pu faire jusqu'ici, et qu'il sera très-utile de compléter. Ce même moyen d'investigation exige plus de soin, mais réussit également lorsqu'on l'applique aux étoiles qui n'éprouvent qu'une variation partielle dans leur éclat.

La conséquence à laquelle ces observations nous conduisent, et que nous pouvons, je crois, généraliser sans scrupule, peut être énoncée en ces termes : ***Notre soleil est une étoile, et sa constitution physique est identique à celle des millions de soleils dont le firmament est parsemé.***

Je me suis efforcé, dans le cadre qui m'était assigné d'avance, de tracer l'esquisse de tout ce que nous savons aujourd'hui relativement au volume, à la distance et à la constitution physique du globe immense qui nous éclaire. Cette esquisse, dans ses bornes circonscrites, suffira pour détromper les personnes qui avaient cru devoir mettre en question l'importance et la certitude des résultats obtenus par les observateurs modernes. Elles reconnaîtront, si elles étaient de bonne foi, que, dans l'histoire du progrès de nos connaissances, progrès qui sera sans doute indéfini, les travaux des astronomes du XIXe siècle ne passeront pas inaperçus. Quant à des critiques qui n'auraient point été inspirées par l'amour de la vérité, elles ne mériteraient pas de fixer un instant l'attention du lecteur, et je pense que je pourrais moi-même les dédaigner.

SOMNAMBULISME. *Voy.* MAGNÉTISME-ANIMAL.

SOUFFLERIE (*Machines soufflantes.*)—Les machines soufflantes servent, comme leur nom l'indique, à lancer l'air destiné à alimenter les feux et fourneaux métallurgiques, et dans quelques cas à l'aérage des mines. Nous allons décrire ces machines en commençant par les simples et les plus anciennes.

Dans les forges pyrénéennes où l'on dispose généralement d'un excès de force motrice, on emploie presque partout, pour machines soufflantes, des trompes, ainsi qu'on les nomme. Cette machine se compose de deux arbres verticaux forés, qui plongent inférieurement dans une caisse de forme variable, et qui aboutissent par le haut à un réservoir, où afflue un courant d'eau. Les arbres, de forme carrée ou cylindrique, sont munis à leur partie supérieure d'entonnoirs évasés, qui descendent dans leur intérieur et que l'on peut fermer ou bien ouvrir plus ou moins à l'aide de tampons en bois. Ces entonnoirs, un peu au-dessous de l'extrémité supérieure des arbres, ont un étranglement ou *étranguillon*, autour duquel l'arbre est percé de plusieurs trous, appelés *aspirateurs*. La colonne d'eau qui traverse l'étranglement et qui entraîne l'air fourni par les aspirateurs, vient heurter, dans la caisse inférieure, un fort madrier, appelé le *tablier*, sur lequel elle se brise en laissant dégager l'air qui adhérait à ses filets. L'air accumulé dans la caisse suit un tuyau flexible de peau de mouton, pour se rendre à la base du fourneau, qui consiste en un tube de fer portant le nom de *bourace*. L'eau alimentaire s'échappe de la caisse par une ouverture.

Au lieu de régler la quantité d'eau débitée par la trompe au moyen de tampons en bois qui ferment plus ou moins l'étranglement, on adapte quelquefois au canal une vanne mobile, percée dans sa hauteur d'un trou qui remplit l'office d'un aspirateur. Une trompe bien établie ne rend que 10 p. 100 d'effet utile.

Il y a deux siècles, on se servait généralement, en Europe, de doubles soufflets en cuir analogues à ceux que l'on voit encore dans les forges de maréchaux. Plus tard on remplaça le cuir, qui s'usait assez rapidement, par des plateaux en bois munis de ressorts, et au lieu d'un seul soufflet, on en mit deux pour régulariser le vent. Ces machines, quoique fort imparfaites, firent faire un grand pas à la métallurgie, et sont encore employées sur le continent dans un grand nombre d'usines à plomb, à étain, et de feux de forge; on leur a donné le nom de *soufflets pyramidaux*. L'effet utile des soufflets pyramidaux est de 0,25 à 0,30 de la force existant sur l'arbre des cames.

Après ces soufflets, on a employé, et on emploie encore dans quelques endroits, des caisses rectangulaires en bois, munies séparément de clapets s'ouvrant du dehors au dedans, et dans lesquelles se meuvent des pistons en bois garnis de liteaux à ressorts; l'air s'échappe de ces caisses par des soupapes placées en sens contraire des précédentes, et se rend par un tuyau dans le porte-vent ou dans le régulateur (1).

De là aux machines soufflantes à pistons, que l'on emploie généralement aujourd'hui, à cylindre alésé en fonte et double effet, il n'y avait qu'un pas. Représentons-nous un cylindre alésé en fonte, dans lequel se meut un piston dont la tige traverse le couvercle dans une boîte à étoupes, et vient se rattacher à un parallélogramme articulé (*Voy.* MACHINES A VAPEUR, *l'invention de Watt*), qui termine un balancier mû par un moteur quelconque. L'air est aspiré au-dessous du piston par trois soupapes, et au-dessus par deux autres soupapes; il est ensuite refoulé

(1) *Voir le Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

par l'orifice que ferme une troisième soupape dans un tube qui le conduit aux régulateurs, ou bien directement au *porte-vent*. Au-dessus de ce tuyau se trouve une ouverture qui communique avec un petit cylindre dont le piston, par sa tige, est lié par le moyen de leviers coudés et de bielles à la valve ou vanne d'arrivée du moteur (eau ou vapeur), de sorte que celui-ci se trouve réglé par la pression de l'air sous le piston de ce petit cylindre. Lorsque le moteur est une roue hydraulique et que l'on a peu de place, on dispose le cylindre soufflant au-dessus d'un arbre parallèle à l'arbre de couche de la roue, qui communique avec ce dernier au moyen d'un engrenage, et qui est lié par des manivelles coudées et des bielles à la tige du piston de la machine, dont le mouvement rectiligne est assuré par deux glissières verticales dans lesquelles roulent des galets portés sur une tringle horizontale qui, en son milieu, est fixée à la tige du piston.

Les machines soufflantes à cylindre alésé en fonte rendent 50 à 55 p. 100 d'effet utile, c'est-à-dire du travail transmis à l'arbre moteur.

MM. Ramus, de Digoin (Saône-et-Loire), ont perfectionné les soufflets à cylindres. Le récipient d'où partent les tuyaux est une cuve en fonte renversée, ayant les bords plongés dans l'eau ; de sorte que l'air étant forcé dans le récipient, détruit l'équilibre de l'eau qui remonte à l'extérieur de ses bords. La différence du niveau de l'eau en dedans du récipient, d'avec celle du dehors, est la mesure de la pression sur la colonne d'air qui alimente le feu ; l'effet en est très-régulier. On a remarqué dans cette construction une heureuse application des manivelles qui font mouvoir les pistons. Au lieu de les mettre, comme il est d'usage, dans la position verticale de l'une à l'autre, situation dans laquelle elles laissent un instant en repos la machine, elles ont été placées à angle droit ; de sorte qu'avec deux manivelles qui font mouvoir la machine, l'air subit, pendant tout le temps de la révolution de l'axe, une compression égale ; mais cette disposition ne peut être appliquée qu'à des soufflets à double effet, ou à ceux qu'on fait mouvoir par un balancier. Les auteurs emploient encore d'autres récipients ; on remarque entre autres : une cuve remplie d'eau aux deux tiers et placée au-dessus des soufflets ; les tuyaux qui communiquent l'air des soufflets au récipient traversent le fond de la cuve et débouchent au-dessus de la surface de l'eau ; le tuyau qui communique le vent du récipient au foyer est placé de même. On a renversé une seconde cuve, dont le diamètre permet d'entrer librement dans la première, sur ces tuyaux de communication. Une tige placée sur le fond de la cuve renversée, passe dans un anneau et la maintient dans une position verticale. La machine ainsi disposée, et les soufflets en mouvement, si l'air s'y introduit plus vivement qu'il n'en peut sortir, cette cuve se lève, et cela sans frottement, de sorte que son poids est la mesure juste de la pression qu'on donne au courant d'air dirigé vers le foyer. (Voy. *Annales des Arts et Manufactures.*)

« On emploie dans quelques localités, dit M. Debette, dans le dictionnaire précité, des gazomètres en tôle, guidés dans leur course par un ou deux guides passant dans des boîtes à étoupes, et animés d'un mouvement rectiligne alternatif dans une cuve pleine d'eau ; ils portent à leur partie supérieure des soupapes s'ouvrant du dehors au dedans pour aspirer l'air lors de leur mouvement ascensionnel, et des tuyaux traversant le fond de la cuve viennent déboucher, par des soupapes s'ouvrant de bas en haut, dans l'intérieur des gazomètres au-dessus du niveau de l'eau, et donner issue à l'air qui s'y comprime lors de leur mouvement de descente. Dans ces machines, l'eau sert de piston. Elles sont peu coûteuses d'établissement, et donnent des résultats satisfaisants.

« Lorsqu'on a besoin d'un vent très-régulier, que ne peuvent donner les machines que nous venons de décrire, on interpose entre la machine soufflante et le porte-vent un appareil qui porte le nom de *régulateur*. Ces régulateurs sont tantôt d'un grand volume, en tôle, en fonte, en bois, en maçonnerie, et à capacité constante, tantôt à poids constant ; ces derniers sont de véritables gazomètres, analogues à ceux des usines à gaz, mais plus petits, ce sont alors des régulateurs à eau ; tantôt ils sont composés d'un cylindre muni d'un piston mobile chargé d'un certain poids, ce sont des régulateurs à piston.

« Il nous reste encore à parler de deux machines soufflantes, dont l'invention est plus récente, et qui diffèrent totalement des deux précédentes ; ce sont la *vis d'Archimède* et le *tympan de La Haye*, employés comme machines soufflantes. C'est M. Cagniard de Latour qui a fait le premier, en 1809, l'application de la vis d'Archimède comme machine soufflante. Cette machine a reçu le nom de *cagniardelle*, d'après celui de son inventeur. Une de ces machines fonctionne à Mulhouse dans la fonderie de MM. A. Kœchlin et compagnie, et fournit 35 mètres cubes d'air sous une pression de 27 millimètres de mercure, avec une vitesse de six tours par minute ; les limites qui nous sont imposées nous empêchent d'en donner ici la description.

« Le tympan de La Haye a été employé pour la première fois comme machine soufflante, en Transylvanie vers 1840, par M. Débreczeny.

« L'établissement de ces machines est très-économique, et leur effet utile de fort peu inférieur à celui des meilleures machines à piston et à cylindre en fonte alésé.

« MM. Suchet, Matte, etc., ont aussi employé comme machines soufflantes des vis consistant en un noyau plein auquel est fixé une spire d'une cloison hélicoïde. Cet ap-

pareil est placé dans un cylindre dont le contour est rasé par les bords de la cloison hélicoïde à laquelle on imprime un mouvement de rotation continu. On donne à la vis un noyau suffisamment gros pour éviter l'existence de deux courants d'air en sens inverse, l'un le long de l'axe, l'autre près les parois du cylindre. Lorsqu'on fait tourner la vis dans un sens, l'air qui la remplit ne peut être délogé, et ne peut circuler en sens inverse du mouvement de rotation imprimé à la vis, qu'en vertu de la pression déterminée par le choc de l'orifice antérieur de la vis sur l'air que cet orifice vient frapper et du vide déterminé en arrière de son orifice postérieur, par suite du même mouvement. Il n'y a là aucun effet de force centrifuge, car l'air peut sortir de la vis à la même distance de l'axe de rotation où il est entré, il n'y a aucune raison pour que les choses se pasent autrement. En un mot, la cause qui fait circuler l'air dans les canaux hélicoïdes, dont on peut concevoir le creux de la vis comme composé, est la même que celle qui ferait circuler de l'eau ou de l'air dans un tuyau rectiligne ouvert par les deux bouts, auquel on imprimerait un mouvement de translation au milieu d'une masse d'eau ou d'air stagnante, dans une direction formant avec l'axe du tuyau le même angle que chaque canal hélicoïde forme avec le plan perpendiculaire à l'axe de la vis, plan qui est celui du mouvement de rotation.

« En changeant le sens du mouvement de rotation, la vis, de soufflante qu'elle était auparavant, devient une machine aspirante. Elle a été appliquée en Belgique à l'aérage de quelques mines. Son effet est inférieur à celui des ventilateurs bien construits. » — *Voy.* Ventilateurs.

SOUFFLET DE FORGE, SOUFFLET A CYLINDRE. *Voy.* Soufflerie.

STENOGRAPHIE (de στενός γραφή, *écriture étroite, serrée, abrégée*). — Toute écriture abréviative est une espèce de sténographie; mais ordinairement on entend par ce nom l'art d'écrire aussi vite qu'on parle, avec d'autres caractères que ceux de l'écritureu suelle.

L'invention de caractères spéciaux, formant une écriture aussi prompte que la parole, n'est pas aussi ancienne qu'on le croit : elle suppose un état de civilisation déjà avancée. Diogène Laërce nous apprend que Xénophon écrivait par signes, qu'il se servait de la séméiographie pour recueillir la parole de Socrate et des philosophes qui se réunissaient dans les jardins d'Académus. Cette manière d'écrire a passé d'Athènes à Rome. Cicéron eut un affranchi nommé *Tiron*, qui recueillait ses discours avec des notes que nous connaissons sous le nom de notes tironiennes (*Voy.* Tachygraphie). Plutarque, dans la *Vie de Caton d'Utique*, rapporte comment fut conservée la harangue que Caton prononça dans le sénat, à l'époque de la conjuration de Catilina : *Ce jour-là Cicéron avait disposé, dans la salle du sénat, des élèves qui, d'une main légère, traçaient certaines notes et abréviations qui, en peu de traits, valaient et représentaient beaucoup de lettres.* Les *notaires*, ainsi que leur nom (*notarii*) l'indique, se servaient de notes pour écrire plus vite les conventions des parties et les dispositions testamentaires. Sénèque composa, à ce qu'on dit, une espèce de dictionnaire des mots les plus usités de la langue latine, représentés par des figures arbitraires, n'ayant aucun lien commun entre eux. Le nombre s'en élevait à plus de 4,000. Ce dictionnaire ne nous est pas parvenu ; le fait ne peut donc être vérifié ; mais il nous paraît peu vraisemblable. Quelle mémoire eût pu retenir tous ces signes, s'ils n'eussent été formés des mêmes éléments ?

Les notes tironiennes nous ont été transmises par Pierre Diacre, moine du mont Cassin ; plus tard, en 1747, un Bénédictin, dom Charpentier, publia l'alphabet tironien, suivi du texte latin capitulaire de Louis le Débonnaire, écrit à l'aide de ces notes. On peut juger, en voyant cette écriture, de ce qu'était l'art tironien, et en général, l'art abréviatif chez les anciens. Il n'est pas présumable qu'avec des figures aussi compliquées on ait pu suivre une parole bien rapide ; mais la langue latine étant plus articulée, plus cadencée que la langue française, le débit de l'orateur romain devait être plus lent, et laisser plus de temps au sténographe.

Dans les républiques de l'antiquité, et particulièrement dans la république romaine, on n'attachait qu'un médiocre intérêt à la reproduction des discours prononcés devant le peuple assemblé. La parole de l'orateur n'avait guère d'action au delà de la place publique, où se décidaient les affaires les plus importantes. D'ailleurs, les moyens de publicité manquaient. L'usage de la sténographie fut donc restreint dans ces républiques. Ce n'est que depuis la découverte de l'imprimerie que l'utilité de l'écriture sténographique a pu être mieux appréciée. L'art de produire les discours improvisés, répétant au loin les accents de la tribune, fut merveilleusement secondé par ce puissant moyen de publicité. Le besoin d'une écriture rapide se fit beaucoup sentir dans les pays où l'établissement du gouvernement représentatif ouvrait une nouvelle arène à la lutte des partis, à l'éloquence parlementaire ; aussi est-il à remarquer que la sténographie était pratiquée en Angleterre longtemps avant qu'elle fût connue en France. Un des premiers ouvrages de ce genre qui parut en France fut la *Tachéographie* de Charles Ramay, Ecossais, imitée du procédé graphique de Shelton, et publié en 1681, avec une dédicace à Louis XIV. D'après ce procédé, les voyelles sont indiquées par la place que les consonnes occupent, ce qui empêche leur liaison, et ne permet d'écrire que par syllabes détachées. Un siècle après, en 1786, Taylor, convaincu par des tentatives infructueuses que, pour parvenir à suivre la parole improvisée, il fallait écrire non par syllabes détachées, mais par mots, publia

son système sténographique, qui réduisit l'art abréviatif à sa plus simple expression, et lui fit faire des progrès rapides. La sténographie de Taylor, adaptée à la langue française par Théodore Bertin, parut dans un moment favorable, lorsque la tribune nationale retentissait de la parole si animée des orateurs sortis du sein de la révolution de 1789. Il est à regretter que cette traduction n'ait pas été faite avec une connaissance plus approfondie du mécanisme de ces deux langues. Comme il entre moins de consonnes dans la composition des mots français, il eût fallu exprimer en plus grand nombre les voyelles pour que l'écriture sténographique fût plus lisible. L'omission des voyelles initiales et médiales en rendit la lecture tellement difficile, que les premiers praticiens furent arrêtés par un obstacle insurmontable. La tachygraphie de Coulon-Thévenot, pratiquée à la même époque, moins rapide, mais plus facile à lire que la sténographie, eut longtemps la préférence.

La sténographie était alors si peu connue en France, que le *Moniteur universel* ne put se procurer aucun sténographe pour rendre compte des séances de l'Assemblée constituante; elles furent rédigées par Maret, depuis duc de Bassano, qui, à défaut de l'écriture sténographique, était aidé par une heureuse mémoire et une intelligence supérieure.

On eut recours sous l'Assemblée législative, à un singulier moyen employé par le journal le *Logographe*. Cinq à six rédacteurs placés autour d'une table ronde, se servant de l'écriture ordinaire, écrivaient des phrases ou parties de phrases qui étaient ensuite réunies pour former un tout. Le *Logographe*, véritable écho de la tribune, répétait tout ce qui se disait, sans prendre soin de la rédaction. On se rappelle que c'est dans la loge du *Logographe*, que le 10 août, furent placés Louis XVI et sa famille, pendant que l'Assemblée délibérait sur leur sort. Le *Logographe* avait cessé de paraître sous la Convention; on pense bien que les journaux de ce temps rendirent compte des séances de la Convention avec beaucoup de circonspection.

L'écriture sténographique commença à être plus pratiquée sous le Directoire; et il se forma alors des tachygraphes et des sténographes assez habiles; mais ils étaient plus particulièrement occupés à recueillir les plaidoiries des avocats, que les leçons des professeurs. La pratique de la sténographie, circonscrite dans un cercle étroit, ne put s'étendre sous l'empire, avec un corps législatif muet. Il est peut-être à regretter qu'elle n'ait pas contribué à reproduire les discussions du conseil d'Etat, où la parole de l'empereur a brillé d'un si vif éclat. Locre s'est acquitté de cette tâche avec beaucoup de talent; mais n'a-t-il rien omis qui méritât d'être recueilli? Quoi qu'il en soit, sous le régime consulaire et impérial, l'art sténographique, très-borné dans son application, ne fit aucun progrès. Il faut convenir que les ouvrages qui parurent alors n'étaient guère propres à lui en faire faire. L'okygraphie de M. Blanc, publiée en 1802, espèce d'annotation de la parole par signes syllabiques, qui se placent sur deux lignes parallèles, comme des notes de musique, fondée sur la même idée que la tachéographie, ne pouvait avoir plus de succès. La sténographie méthodique de M. Montigny n'était autre chose que la sténographie de M. Taylor, avec l'addition de quelques points, pour des voyelles omises, comme s'il était possible de suivre la parole en ajoutant ces points.

Après la chute de l'empire, le gouvernement représentatif, s'établissant sur une base plus large, ouvrit à la sténographie une carrière plus vaste. Les séances de la Chambre des députés excitèrent un vif intérêt; les journaux pour en rendre compte commencèrent à employer des sténographes. En 1817, les discours improvisés étant plus fréquents, le concours de la sténographie devint nécessaire à la rédaction du *Moniteur universel*. C'est à cette époque seulement qu'un sténographe fut attaché à sa rédaction. Le *Moniteur* n'eut pendant longtemps qu'un ou deux sténographes à la Chambre des députés; mais après 1830, le service de la sténographie fut organisée sur une grande échelle: huit sténographes formant une espèce de roulement se succédèrent sans cesse au pied de la tribune, revenant tour à tour reprendre leur place, après avoir transcrit ce qu'ils avaient sténographié. Ce travail, contrôlé par des sténographes réviseurs qui suivaient l'orateur de l'autre côté de la tribune, était immédiatement envoyé à l'imprimerie du *Moniteur*, qui pouvait, dans la soirée même, fournir aux orateurs et aux autres journaux des épreuves des discours improvisés. Si les Anglais nous ont devancés dans la carrière sténographique, il faut avouer qu'aujourd'hui nous les laissons bien en arrière: le *Times* ne peut être comparé au *Moniteur* pour la reproduction des débats parlementaires.

Parmi les ouvrages publiés depuis 30 ans sur l'art sténographique, on doit distinguer la *Sténographie exacte* de M. Conen Prépian, fondée sur de nouvelles combinaisons, dont les praticiens ont su tirer parti pour atteindre leur but, en écartant les obstacles que la théorie n'avait point prévus. L'auteur, persuadé qu'on pouvait suivre la parole en exprimant exactement tous les sons de voix, s'était engagé dans une fausse route, mais plus tard, éclairé par sa propre expérience, il s'attacha à simplifier la forme des signes dans six éditions successives, si l'on peut donner le nom d'éditions à des combinaisons de signes entièrement différentes. On ne parvient à écrire aussi vite qu'on parle qu'en omettant certaines lettres vocales. C'est d'après cette règle que l'auteur de cet article, guidé par une longue pratique, a modifié pour son usage la sténographie de Prépian.

MM. Breton, Fossé-Grosselin, Marmet et Hipp. Prévost, ont pris pour base de leur

écriture l'alphabet de Taylor; cherchant à la rendre plus lisible, tout en lui conservant sa rapidité. MM. Astier, Chauvin, Célestin, Lagache, Midy, Aimé Pâris, ont publié des traités de sténographie qui sont plus ou moins suivis. Frappés de l'inconvénient que présente l'écriture sténographique, formée de diverses figures tracées dans diverses directions, MM. Fayet et Senock n'ont employé que des figures inclinées vers la droite, ayant tout une pente uniforme, qui facilite les mouvements de la main. Cette manière d'écrire, très-régulière, serait la meilleure de toutes si la forme des signes n'était pas trop compliquée. M. Vidal, marchant sur les traces de l'okygraphie, a composé, sous le nom de *notographie*, une écriture syllabique; seulement, les signes représentant des syllabes détachées, au lieu de se placer sur des lignes parallèles et horizontales, se placent verticalement, rapprochées plus ou moins d'une ligne perpendiculaire.

Toutes les écritures abréviatives sont formées de figures simples combinées de diverses manières. La ligne droite, l'oblique à droite ou à gauche, la perpendiculaire, l'horizontale, l'arc de cercle tourné dans des sens différents, le cercle entier ou la boucle et le point, tels sont les éléments de toute sténographie. On distingue trois combinaisons principales de signes : la combinaison des signes qui ont tous une pente vers la droite et uniforme, comme l'écriture anglaise, d'une forme élégante et compliquée, plus propre à exercer l'habileté du calligraphe que celle du sténographe; la combinaison des signes détachés exprimant des syllabes séparées, et ayant une signification de position, comme l'okygraphie et la notographie; enfin, la combinaison de tous les signes simples, liés entre eux, et représentant, dans leur liaison, des mots et non des syllables. Cette dernière combinaison, la plus féconde de toutes en heureux résultats, est celle qui exige la plus longue pratique, puisqu'il faut du temps pour accoutumer la main à tracer des lignes dans tous les sens. Mais le sténographe exercé, qui écrit par mots, peut seul atteindre à un haut degré de célérité et prouver que l'art difficile d'écrire aussi vite que l'on parle n'est point une vaine théorie (1).

STÉRÉOTYPIE, de στερεός, *solide*, et τύπος, *type, caractère*. — Art de convertir en une forme solide et unique un certain assemblage de caractères mobiles. Pour cela, on emploie divers procédés. Le plus simple et le plus usité est celui qui consiste à prendre en creux, avec une sorte de plâtre gâché, l'empreinte en relief des caractères mobiles composés comme à l'ordinaire, puis à couler, par des moyens qui varient, sur cette espèce de matrice séchée au four, de la composition métallique qu'emploient les fondeurs en caractères, ce qui donne en une seule planche toute une page composée.

(1) Cet intéressant article a été inséré par un sténographe distingué, M. Delsart, dans l'*Encyclopédie des gens du monde*.

D'autres prennent cette empreinte dans une composition métallique particulière dont ils forment la matrice, et font tomber prestement celle-ci sur du métal en fusion prêt à se figer : c'est là proprement ce qu'on appelle clicher ou l'opération de clichage (mots que Camus croit dériver de l'allemand *klatschen*, claquer, donner une claque); mais à présent ces mots sont devenus synonymes de *stéréotyper* par quelque moyen que ce soit, et l'on entend par cliché la forme, la plaque qui résulte de la stéréotypie. D'autres enfin se sont servis pour stéréotyper de caractères spéciaux en cuivre, dont l'œil est frappé en creux, et qui, après la composition, servent immédiatement de matrice sans opération intermédiaire. Peut-être la galvanoplastie donnera-t-elle bientôt un nouveau moyen de reproduction solide des types mobiles (1).

Quel que soit le procédé employé, le but de la stéréotypie est toujours le même, savoir, d'obtenir, avec un nombre restreint de caractères mobiles, des plaques minces et assez légères de métal, où toute une page se trouve représentée, et dont on puisse imprimer des exemplaires à volonté, et seulement à mesure du débit, sans avoir besoin de refaire les frais de composition, les planches subsistant toujours entières et n'exigeant qu'un assez petit emplacement de magasinage.

Comme on le voit ce procédé n'a d'avantages réels que pour les ouvrages dont le débit est assez lent et néanmoins assuré dans un plus ou moins grand nombre d'années; en outre, il offre un moyen certain d'épurer chaque édition, puisqu'on peut corriger des pages solides sans commettre de fautes nouvelles. Pour cette dernière opération, on fait une entaille dans le cliché à la place à corriger, on y introduit la correction en caractères ordinaires, et l'on y soude ceux-ci.

Depuis l'invention des caractères mobiles on avait dû plus d'une fois rechercher les moyens d'en conserver certains assemblages unis d'une manière indissoluble. L'idée vint d'abord en Allemagne de les souder ensemble par le pied pour éviter leur déformation; mais ce procédé dispendieux exigeait une grande quantité de caractères et les rendait désormais impropres à tout autre usage. Pour parer à cet inconvénient, on imagina un nouveau moyen : les caractères mobiles composés furent empreints sur une composition argileuse et un bloc de cuivre fut fondu dans ce moule.

Telle est la forme des pages d'un calendrier perpétuel que l'on a retrouvé, et dont se servait l'imprimeur français Valleyre au XVIIIe siècle; la date de ces monuments n'a pas encore été déterminée d'une manière

(1) Nous avons été témoin, chez un de nos amis, d'une expérience suivie d'un excellent résultat : Une image photographique de caractères en quelque sorte microscopiques avait été obtenue; ces caractères, à l'aide d'une opération galvanoplastique, ont été transformés en véritable cliché. Voilà ce que l'on peut obtenir de ces deux sciences réunies.

certaine; mais la forme de leurs types et leur genre de composition se rapprochent de l'impression au XIIIe siècle, date que leur donne Lottin. Un compositeur assurait encore, au commencement de notre siècle, avoir vu ces planches chez Valleyre avant 1735. Quoi qu'il en soit, de 1725 à 1739, un orfévre écossais nommé *William Ged* fit d'autres tentatives, il imprima des livres entiers avec des planches moulées d'une seule pièce pour chaque page. D'Édimbourg, il vint à Londres, et s'associa aux frères Teuner, dont l'un était fondeur en caractères et l'autre libraire; bientôt ils obtinrent de l'Université de Cambridge le privilége d'imprimer une Bible et d'autres livres de piété. Le procédé de Ged était le moulage en plâtre des caractères mobiles, et la fonte dans ce moule d'une planche en métal d'imprimerie. Traversé dans ses projets par la jalousie des imprimeurs et des libraires, Ged retourna ruiné à Édimbourg. Il ne se laissa pourtant pas abattre; il mit son fils James en apprentissage chez un imprimeur, et, conjointement avec lui, il donna une édition de *Salluste* en 1739. Six ans après Ged fut impliqué dans une rébellion; mais on lui fit grâce en considération du secret dont il était possesseur. Il mourut peu de temps après en 1749. James, son fils, publia, deux ans plus tard, un mémoire où il exaltait le procédé de son père, et proposait une souscription qui ne fut pas sans doute remplie, car on ne trouve plus rien d'imprimé par lui de cette façon. D'un autre côté, dès 1740, Fanckter, imprimeur d'Erfurt, publiait un livre où il indiquait le moyen de mouler et de couler, lettres, vignettes, médailles, etc.; puis il décrivait le procédé qu'emploient les graveurs, pour tirer ce qu'on nomme une épreuve par le moyen du plomb à la main, et qui n'est autre chose que le clichage proprement dit. Ces procédés continuèrent d'être suivis en petit en Allemagne, mais aucun livre ne paraît plus avoir été stéréotypé avant la fin du XVIIIe siècle.

Depuis les expériences qu'avait entreprises Darcet, en 1773, sur les compositions métalliques, pour en trouver une qui fût fusible à l'eau bouillante, Rochon et Franklin s'étaient occupés de graver, par simple pression ou à l'eau-forte, des planches métalliques, dont on pût tirer immédiatement quelques épreuves. L'Alsacien Hoffmann poursuivit ce but sans grands résultats; mais, alliant les découvertes de ses prédécesseurs, il sut fondre des blocs stéréotypes, en alliage métallique, dans des moules d'argile.

Depuis 1786, il publiait avec son fils un journal polytype. L'année suivante, il fit paraître, ainsi polytypé, l'ouvrage de Chénier père, intitulé : *Recherches historiques sur les Maures*, 3 vol. in-8°. Déjà en 1784, l'*Encyclopédie méthodique* (Arts et Métiers, art. *Imprimerie*) avait parlé des recherches des Hoffmann, qui les faisaient remonter jusqu'en 1783. Bulliard, auteur de la *Flore française*; L'Héritier, depuis membre de l'Institut; Pierres, imprimeur de Versailles; Pingeron, mécanicien habile; Rochon, de l'Académie des sciences, découvrirent les procédés Hoffmann, et quelques-uns surent même les mettre en pratique; mais on n'était encore arrivé à aucun résultat remarquable avant Carez, imprimeur de Toul, qui imagina une machine pour le clichage à l'aide d'un moule en métal ordinaire en fusion frappé par les types mobiles au moment du refroidissement.

En 1786, Carez exécuta par ce procédé un livre d'église en 2 vol. grand in-8° de plus de 1,000 pages chacun, et successivement il imprima de la même manière 20 volumes de liturgie ou d'instruction à l'usage du diocèse. Après la première législature française, dont il fit partie, Carez s'occupa d'un Dictionnaire de la Fable ainsi que d'une Bible latine, en caractères très-fins qui réussit parfaitement. Pendant ce temps, Hoffmann imaginait un procédé pour éviter les frais de composition dans la stéréotypie; à cet effet, il construisait un moule argileux, et y imprimait successivement l'empreinte des lettres de son texte, ayant eu soin de faire fondre d'un seul morceau les syllabes qui reviennent le plus souvent dans le discours. Hoffmann obtint, en 1792, un brevet pour exercer l'art polytype et logotype, et le céda la même année à Salzmann. Mais déjà des émissions d'assignats avaient été votées. Les premiers furent imprimés d'une manière déplorable qui encourageait la contrefaçon. Des savants et des artistes furent réunis pour arriver à la formation d'une planche type, qui pût facilement se reproduire dans des clichés exactement pareils, pour être ensuite livrés à l'impression. C'est ce à quoi l'on parvint en réunissant des poinçons gravés séparément, et en un seul coin avec lequel on frappait, dans le métal en fusion, autant de moules ou matrices que l'on voulait, chacun pouvant donner ensuite des clichés propres à l'impression, et tous identiquement semblables à la réunion des poinçons. La machine à polytyper ou à clicher fut alors inventée par Grassal.

Herhan, mécanicien; Henri et Firmin Didot, imprimeurs; Gatteaux, graveur, etc., avaient été appelés dans le sein de la commission chargée de l'exécution des assignats, et leurs connaissances spéciales avaient servi à la bonne confection de ces effets publics. Gatteaux, chargé plus tard de la fabrication des billets de la seconde loterie de maisons nationales, imagina de se servir des caractères mobiles ordinaires comme des poinçons : il réussit; mais il avait rencontré des difficultés d'exécution dont il s'ouvrit à son beau frère Anfry et à Firmin Didot, qui pensèrent que le seul moyen de les éviter était de frapper la matrice dans un métal à froid; Anfry prépara une composition trop chère; bientôt Herhan en trouva une aussi bonne et moins dispendieuse. Herhan, F. Didot et Gatteaux prirent des brevets d'invention en l'an VI; mais Herhan ayant déjà découvert un autre procédé, son brevet s'appliquait à l'usage des caractères, où l'œil de la

lettre est représenté en creux, et qui, après la composition, donnent de suite le moule où se fond la planche stéréotype. Dès lors, on annonça des éditions stéréotypes; et à la première exposition des produits de l'industrie, au Champ-de-Mars, dans les jours complémentaires de l'an VI, Herhan, Pierre et F. Didot, associés, exposèrent leurs planches solides, propres à l'impression. La même année, ils avaient mis en vente un *Virgile* in-18, de 400 pages, au prix de 75 c. A la même époque, un nommé *Bouvier*, filigraniste aussi employé autrefois aux assignats, revint aux moules en argile et à la fonte, en cuivre : il réussit assez bien, mais il était loin de la perfection qu'avaient atteinte les Didot. Cependant F. Didot, imprimant les tables de Logarithmes de Callet, et craignant les déplacements de chiffres mobiles qui pouvaient se produire pendant le moulage, souda tout simplement les planches en-dessous, revenant ainsi au procédé primitif de la stéréotypie. Plus tard, MM. Treuttel et Würtz, ayant acquis le procédé de Herhan, le mirent en usage pour leurs belles éditions des ouvrages de madame de Staël, leur nouvelle Bibliothèque classique (80 vol. in-8°), etc. Les étrangers ne restèrent point indifférents aux succès de cet art : en 1800, on stéréotypait une Bible à Londres, et un Hongrois, *Samuel Falka*, graveur de caractères à Bude, en 1801, trouva l'occasion de faire usage de ses découvertes et de ses procédés. Mais la stéréotypie est principalement une invention française, très-probablement par son origine et incontestablement par son usage et ses perfectionnements. Parmi ceux qui ont su tirer un nouveau parti des procédés stéréotypiques, nous devons citer M. E. Duverger, qui a ingénieusement adapté cet art à la reproduction de la musique et des cartes géographiques exposées par lui en 1844, en composant comme à l'ordinaire, la notation musicale ou les noms de lieux géographiques, puis les moulant en plâtre, et traçant dans cette matrice les lignes de portée ou les lignes qu'on emploie dans la géographie. — *Voir* CAMUS, *Histoire et procédés du polytypage et de la stéréotypie*, Paris, an X, in-8° (1).

SUCRE. — *Sucre ordinaire* ou *cristallisable*. — Quelle que soit son origine, une fois que le sucre est extrait et purifié par le raffinage, il présente toujours les mêmes caractères.

A l'état de pureté il est solide, incolore, cristallisé en prismes rhomboïdaux à sommets dièdres et à une densité de 1,606. Le sucre est soluble dans l'eau. Il faut, pour le dissoudre, un tiers de son poids d'eau froide, l'eau bouillante le dissout en toutes proportions ; il est insoluble dans l'éther et l'alcool absolu. L'alcool affaibli le dissout en proportions variables, suivant sa richesse. Il n'est pas précipité par l'acétate, ni par le sous-acétate de plomb, ce qui permet de le séparer dans l'analyse de plusieurs autres substances organiques. Le sucre est phosphorescent ; cassé ou frotté dans l'obscurité, il devient lumineux. M. Baudrimont attribue ce phénomène de phosphorescence à une réaction dans laquelle les molécules du sucre seraient décomposées ; de là peut-être, ajoute-t-il, cette altération qui fait que le sucre en poudre est moins agréable que le sucre en morceaux. Cette opinion nous paraît probable, car la saveur du sucre, surtout du sucre très-dur, du sucre candi, est modifiée par l'action de la râpe et du pilon qui lui donne un léger goût d'empyreum. Soumis dans une cornue à l'action du feu, le sucre entre en fusion, se boursoufle, se colore en brun, en dégageant une odeur particulière, l'odeur du caramel. Le résidu de sa distillation est un charbon poreux et brillant. L'acide nitrique le transforme, à une douce température, en acide oxalique avec dégagement de vapeurs rutilantes. L'eau saturée à chaud de sucre et soumise ensuite à un refroidissement lent, laisse déposer des cristaux de sucre candi qui diffèrent selon que l'on a employé le sucre de canne ou le sucre de betterave. Leur forme cristalline est la même ; mais dans le premier cas les cristaux sont épais et courts, dans le second plats et allongés.

La nature du sucre, tenu en dissolution dans l'eau, est changée par une ébullition prolongée de 15 ou 20 heures ; il y a production de glucose ou sucre incristallisable.

Le sucre est altéré par les acides ; les produits résultant de cette altération varient suivant que ces acides cèdent ou ne cèdent pas de l'oxygène au sucre. Le sucre subit encore une autre altération quand on le met en contact avec certaines matières organiques, la fermentation visqueuse qui s'opère le change en une matière mucilagineuse.

D'après MM. Gay-Lussac et Thénard, la composition du sucre est de

Carbone.	42,15
Oxygène.	51,42
Hydrogène	6,43
	100,00

ce qui conduit à la formule : C 24 H 22 O 11.

Le sucre forme des combinaisons salines avec les alcalis, l'oxyde de plomb et le sel marin. Les sels de chaux ont souvent une influence nuisible dans la fabrication. On a remarqué que les sucres bruts qui contenaient un excès de chaux attiraient fortement l'humidité, ce qui en rend la conservation plus difficile.

Pris à petite dose, le sucre facilite la digestion ; il est même utile d'en accompagner certains fruits, et dans ce cas son usage est généralement répandu. Mais il ne s'ensuit pas que son usage exclusif soit hygiénique. Dans le traitement des empoisonnements par l'acétate de cuivre, il est d'un

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des Gens du Monde*. — *Voy.* IMPRIMERIE.

grand secours et s'administre alors dissous dans l'eau ou à l'état de sirop. Les anciens ont connu le sucre, et on en trouve les preuves dans les monuments littéraires qu'ils nous ont laissés; ils en firent usage sous trois formes différentes, et l'on conçoit que la découverte leur en fut aisée : ce sont d'abord le miel, puis la mauve et enfin la canne à sucre dont la saveur dut les frapper. Plusieurs auteurs, en parlant des anciens peuples de l'Inde, disent qu'ils avaient l'art de faire une boisson, en exprimant une espèce particulière de roseau. Toutefois, il serait difficile d'indiquer au juste le pays et l'époque où en fut faite la découverte. Strabon, Dioscoride, Œginète, etc., sont les auteurs qui en font mention et qui seuls peuvent guider les investigations sur cette matière. Erastothène va jusqu'à dire positivement que l'on solidifiait la liqueur obtenue par la pression des roseaux. Il est donc notoire que le sucre était connu antérieurement à l'ère chrétienne.

De la canne à sucre. — Humboldt, après avoir fait dans le nouveau monde les recherches historiques et botaniques les plus consciencieuses, est arrivé à conclure qu'avant la découverte de l'Amérique par les Espagnols, les habitants de ces continents et ceux des îles voisines ne connaissaient ni la canne à sucre, ni le riz, ni aucune de nos céréales. D'après les auteurs qui assignent à la canne une origine orientale, voici dans quelle progression sa culture se propagea. Transplantée d'abord de l'Asie dans l'île de Chypre et de là en Sicile, selon quelques-uns, ce furent les Sarrasins qui l'apportèrent directement de l'Inde dans cette dernière île où, dès l'an 1148, on récoltait une assez grande quantité de sucre.

Lafiteau rapporte la donation faite par Guillaume, second roi de Sicile, au couvent de Saint-Benoît, d'un moulin pour écraser les cannes, avec tous ses droits, ouvriers et dépendances. Cette donation remarquable porte la date de 1166. Suivant le même auteur, la canne à sucre aurait été apportée en Europe à l'époque des croisades. Le moine Albert Aguensis, dans la description qu'il a donnée des procédés employés à Acre et à Tripoli pour l'extraction du sucre, dit que les soldats chrétiens, manquant de vivres, eurent recours aux cannes à sucre qu'ils suçaient pour subsister. Vers l'an 1420, dom Henri, régent de Portugal, fit transporter la canne à sucre de Sicile à Madère. La canne réussit parfaitement à Madère et aux îles Canaries, et jusqu'à la découverte de l'Amérique ces îles approvisionnèrent l'Europe de la majeure partie du sucre qui s'y consommait. Des Canaries la canne passa au Brésil; quelques auteurs croient cependant qu'elle y fut portée par les Portugais de la côte d'Angola en Afrique. Enfin en 1506, la canne fut transportée du Brésil et des Canaries à Hispaniola (Haïti), où plusieurs sucreries furent successivement établies. Il paraît cependant, d'après ce que rapporte Pierre Martyr, dans le troisième livre de sa première décade, écrite pendant la seconde expédition de Christophe Colomb, qui eut lieu de 1493 à 1495, que déjà à cette époque, la culture de la canne était très-répandue à Saint-Domingue. Mais on pourrait supposer qu'elle y avait été apportée par Christophe Colomb, avec d'autres productions de l'Espagne et des Canaries, et que cette culture était en pleine activité lors de la seconde expédition.

Vers le milieu du XVII[e] siècle, la canne à sucre fut portée du Brésil aux Barbades, dans les autres possessions anglaises, dans les îles espagnoles de l'Amérique, au Mexique, au Pérou, au Chili, enfin dans les colonies françaises, hollandaises et danoises.

La canne à sucre (*Arunda saccharifera*) est une plante de la famille des graminées, dont la hauteur a été généralement de 3 mètres et atteint souvent jusqu'à 6 mètres. Son diamètre a 0^m04 environ. Sa tige est lourde, cassante, d'une couleur verte qui vire au jaune aux approches de la maturité; de 8 en 8 centimètres la tige est partagée perpendiculairement à son axe par des nœuds circulaires, saillants, d'un jaune pâle. De ces nœuds partent des feuilles qui tombent à mesure que la canne mûrit. Ces feuilles longues de 1^m25, larges de 3 à 5 centimètres, sont planes, droites et pointues, d'un vert sombre, striées dans leur longueur, alternes, et embrassent la tige par leur base. Une dentelure presque imperceptible garnit les côtés de ces feuilles. Vers le douzième mois de leur croissance les cannes poussent un jet de 2 mètres à 2^m50 de hauteur et d'un diamètre de 12 à 13 millimètres lisse et sans nœuds; ce jet s'appelle *flèche*. Il se termine par une ample panicule, longue d'environ 0^m60, divisée en plusieurs ramifications noueuses, composées de fleurs nombreuses, blanches, à pétales, à 3 étamines dont les anthères sont un peu oblongues. Les racines de la canne sont géniculées, presque cylindriques. Leur diamètre est de 2 à 3 millimètres, leur plus grande longueur de 0^m30, présentant dans son étendue des radicules rares et courtes.

Dans un état complet de maturité, la canne est pesante, très-lisse, cassante, et, suivant la variété, d'un jaune violacé ou blanchâtre Elle est remplie d'une moelle fibreuse, spongieuse, d'un blanc sale qui contient un suc doux très-abondant; ce suc est élaboré séparément dans chaque entre-nœud dont les fonctions à cet égard sont indépendantes des autres nœuds. La canne se reproduit avec une égale facilité par graine ou par bouture. Ces boutures ou plançons s'obtiennent en coupant des nœuds de 0^m40 à 0^m50, suivant que ces nœuds sont plus ou moins rapprochés; ils sont pris généralement au sommet de la canne.

On connaît plusieurs variétés de cannes : la première, la plus anciennement connue, est la créole ou la canne à sucre commune, originairement introduite à Madère. Elle croît partout aisément, dans les régions tropicales, dans un terrain humide et souvent

à une hauteur de 1,000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans les montagnes de Candina-Masca, au Mexique, la canne est cultivée avec succès à une hauteur de 1,800 mètres au-dessus de ce niveau. La quantité de sucre, cependant, est d'autant plus grande dans la canne qu'elle croît dans une région plus méridionale, et dans des terrains qui ne sont pas trop humides ou inondés. La seconde variété est la canne d'Otahiti; elle fut introduite en Amérique à la fin du XVIIIe siècle. Cette variété, plus forte, plus haute, à nœuds plus espacés, plus hâtive et d'un rendement plus productif, réussit bien dans les terrains trop appauvris pour la canne ordinaire. Elle pousse à des températures qui arrêtent la croissance et le développement de la canne créole. Elle ne met jamais plus d'un an pour arriver à sa maturité qui souvent a lieu au bout de 9 mois. Plus de force dans sa tige et dans la texture de ses fibres la font résister aux ouragans. Sa floraison est plus riche, elle l'emporte en poids sur l'autre d'un tiers, et donne environ un sixième de plus en sucre. Elle a le grand avantage de donner quatre récoltes tandis que la canne créole n'en donne que trois. Contenant moins de fécule ou de mucilage, elle donne un sucre plus clair et d'un traitement plus facile. Indépendamment de ces deux sortes de cannes, MM. de Humboldt et Bonplan décrivent la canne à sucre violette (*saccharum violaceum*), dont le chaume et les feuilles ont cette couleur. Elle a été apportée de Batavia en 1782. Elle fleurit un mois avant les autres espèces, au mois d'août. Elle renferme, dit-on, un sucre moins solide, d'une teinte violette. Ces inconvénients disparaîtraient peut-être par un travail et une décoloration des sirops bien entendus. Les produits que fournit cette canne sont employés à la fabrication du rhum.

Quoique nous ayons dit que la canne à sucre se propage également bien par semis et par bouture, nous devons faire remarquer que dans les colonies du nouveau monde la canne à sucre fleurit, il est vrai, mais elle y flèche, c'est-à-dire que la tige s'allonge et que les germes avortent : aussi ne peut-on la multiplier que par bouture. C'est par le repiquage de boutures, et surtout par les rejetons qui poussent quand on a coupé la maîtresse-tige, que les champs de canne se regarnissent. Ces *rattoons* (c'est une altération du mot rejetons) mûrissent ordinairement en douze mois; mais il n'en est point de même des cannes de première pousse, appelées *cannes de plant*, parce qu'elles sont le produit des boutures originaires; leur maturité exige beaucoup plus de temps.

D'après M. Péligot 100 parties de canne à sucre renferment :

Eau.	72,1
Substance ligneuse. .	9,9
Matières solubles. . .	18,0
	100,0

Je pense, ajoute notre savant chimiste, *qu'on peut admettre aujourd'hui comme un fait bien établi, que la substance insoluble, le ligneux, qui forme la charpente solide de la canne, y existe dans la proportion moyenne de 9 à 11 pour 100. Je ne veux parler ici que des cannes en âge d'exploitation.*

Cependant, M. Guignot a obtenu à la Martinique pour 150 kilogrammes de canne 18, 5 de bagasse, ce qui ferait 13 de ligneux pour 100 de canne.

Quant au jus ou vesou, voici quel est le résultat de son analyse :

Sucre.	20,90
Eau	77,17
Sels minéraux. . .	1,70
Produits organiques.	0,23
	100,00

Le jus de canne, ajoute M. Péligot, *n'est donc autre chose que de l'eau sucrée, à peu près pure, composée de 1 partie de sucre pour environ 4 parties d'eau.*

Extraction du sucre de canne. — Les premières machines employées pour exprimer le suc des cannes étaient des moulins semblables à ceux qui servent à écraser les pommes pour faire le cidre, et dans quelques endroits à broyer le tan. Au centre d'une aire circulaire de 2m27 à 2m60 de diamètre, s'élève un pivot auquel est attachée une pièce de bois de 2m92 à 3m25 de largeur, servant d'axe à une meule verticale qui repose sur l'aire; un cheval attaché à la partie de cet axe qui sort de la meule, la promène sur toute la surface de l'aire, sur laquelle on place la substance à écraser. Le travail de cette machine était bien loin de suffire, par sa lenteur, à l'activité qu'il est urgent d'apporter dans une sucrerie; aussi aujourd'hui lui a-t-on universellement substitué les machines à cylindres. Ce fut Gonzalès de Velosa qui, le premier, construisit un moulin à cylindres verticaux, et l'on en a longtemps fait usage. Néanmoins, aujourd'hui, on ne se sert presque partout pour broyer la canne que de moulins à cylindres horizontaux.

Dans les districts de Demerara, de Surinam, de Cayenne, et dans tous ceux de la Trinité, on adapte ordinairement au moulin à exprimer la canne une pompe que le cylindre supérieur met en mouvement. Le liquide coule du récipient dans la citerne où plonge la pompe et celle-ci l'envoie aux chaudières de clarification. Les pompes dont on fait usage ont toutes leurs conduits en cuivre et fonctionnent très-lentement. Il est bien important que leur force réponde à la quantité du jus à élever; car, ou le travail languirait, ou le jus foulé trop rapidement dans les tuyaux, frotté et battu par l'air, arriverait fermenté dans le réservoir.

Quand le moulin est en mouvement, le cylindre alimenteur est maintenu à environ un demi-pouce du cylindre supérieur, mais le troisième cylindre est tellement serré contre celui-ci que la bagasse ne peut trouver passage entre eux que déjà broyée.

On apporte au moulin les cannes à sucre en bottes et coupées par longueurs d'un mètre; le nègre, chargé de fournir l'appareil, les place sur la trémie d'alimentation et les y étale le plus également possible. Là les cylindres, en tournant, s'en emparent et les serrent. Le jus exprimé coule dans le récipient, et les cannes, guidées entre les trois cylindres par des plaques directrices, sortent du moulin et viennent tomber sur le sol complétement pressées. La bagasse, alors à l'état de moelle et privée de tout suc, est liée en bottes et séchée au soleil, puis mise de côté pour servir de combustible.

Voici quels sont les avantages comparatifs des moulins horizontaux et verticaux : le moulin horizontal est d'une construction moins chère, il est plus facile à placer, il diminue la main-d'œuvre de moitié et fonctionne beaucoup mieux. Ses plaques directrices permettent de donner à la canne une dernière pression plus complète, et la bagasse ne sort pas brisée de l'appareil, comme cela a lieu dans le moulin vertical; ce qui rend son séchage et sa mise en magasin plus faciles et moins coûteux.

Le moulin vertical jouit d'un avantage précieux en ce qu'on peut le laver plus aisément. Il est facile à monter et son prix n'est pas élevé, car on peut faire toute sa membrure en bois. Mais le travail considérable qu'exige son alimentation fait qu'il ne peut guère servir que quand on a pour moteur un moulin à vent ou un manége mû par des bœufs.

Voici les dimensions des meilleurs moulins horizontaux :

PUISSANCE de la machine.	LONGUEUR des cylindres.	DIAMÈTRE des cylindres.
8 chevaux	$1^{m}20$	$0^{m}63$
10 —	$1^{m}35$	$0^{m}68$
12 —	$1^{m}40$	$0^{m}70$

La vitesse des cylindres, à leur circonférence, est de 1 mèt. 20 environ par minute. Pour obvier aux résistances occasionnées soit par une alimentation irrégulière, soit par le frottement accidentel des cannes (ce qui arrête quelquefois la machine et brise l'arbre), on donne à l'arbre principal et à la roue de transmission une solidité et une pesanteur extraordinaires.

On obtient par l'écrasement des cannes un rendement en *vesou* (c'est le nom que l'on donne au jus dans les fabriques) qui varie, suivant les procédés employés, et dont voici la moyenne :

61,8 de vesou pour 100 de canne par les moulins hydrauliques ;
61,2 par ceux à cylindres horizontaux;
60,9 par les moulins à vapeur;
53,9 par les moulins à eau et à vent;
52 2 par les moulins à cylindres verticaux;
58,5 par les moulins à bêtes;
56,4 par les moulins à vent qui sont encore employés en grand nombre à la Guadeloupe, où 600 moulins fonctionnent journellement.

Cette moyenne est établie sur le résultat d'essais exécutés sur 17 moulins à eau, 15 à vent, 7 à cylindres horizontaux et 5 à vapeur. Les circonstances, dans lesquelles ces expériences ont été faites, sont celles ordinaires à la fabrication. La différence que l'on remarque dans ces chiffres vient du plus ou moins de pression produite.

Pour donner une idée des moyens grossiers employés dans l'Inde pour fabriquer le sucre de canne, ce qui explique bien pourquoi ses produits ne viennent pas lutter plus avantageusement avec ceux des Antilles, nous décrirons seulement deux moulins, employés pour exprimer le sucre des cannes :

Le moulin à sucre de Chinapatam consiste en un mortier, un levier, un pilon et un régulateur. Le mortier est un arbre d'environ 3 mètres de long et de $0^{m}35$ de diamètre. Il est enfoncé perpendiculairement en terre et ne laisse voir à la surface du sol qu'un bout de 0^{m} 60. Le trou de ce mortier est conique; il est tronqué à sa partie basse où il devient cylindrique; au fond se trouve pratiqué un canal qui permet au jus de couler librement dans une rigole au bout de laquelle un pot de terre le reçoit. Autour de l'ouverture supérieure du cône est une cavité circulaire où se rassemble tout le jus qui s'échappe du haut des bouts de canne; un conduit placé à l'extrémité du mortier envoie ce jus à la rigole. La flèche a à peu près 5 mètres de longueur et $0^{m}15$ d'épaisseur; elle est faite avec un gros arbre dont le tronc en forme de fourche se sépare en deux bras. Dans cette fourche est une excavation qui laisse place au mortier, autour duquel la flèche tourne horizontalement. Un demi-cercle d'un bois très-fort maintient la forme de cette excavation. L'extrémité du côté de la fourche est tout à fait couverte afin qu'on puisse facilement changer la flèche. Sur la partie de la flèche qui n'est point divisée est assis le conducteur de bœufs; ces animaux sont attelés avec une corde qui part de l'extrémité de la flèche; une autre corde, qui va du joug à l'autre bout de la flèche, les empêche de tirer en dehors du cercle. Sur le prolongement est un baquet rempli de cannes à écraser; entre ce baquet et le mortier est assis l'homme qui alimente l'appareil. Au moment où le pilon descend, il introduit les morceaux de canne dans la cavité du mortier, et quand le pilon en est sorti, il retire ceux qui ont été pressés.

A Chica Ballapura, le moulin à sucre est mis en mouvement par une seule paire de buffles ou de bœufs qui tournent autour à l'aide d'un levier qui est fixé en haut du cylindre de droite. Les deux cylindres ont leur partie intérieure taillée en vis sans fin et formée de 4 rainures et de 4 languettes spirales qui sont coupées en sens inverse et s'emboîtent l'une dans l'autre, quand le moulin est en mouvement. Les rouleaux, ainsi que leurs chapiteaux, sont d'une seule pièce et sont faits avec un bois extrêmement

dur qui ne communique aucun mauvais goût au jus. Ils sont maintenus par un fort châssis en bois; leur écartement est réglé au moyen de coins qui passent à travers de mortaises dans les planches du châssis et pressent l'axe de l'un des rouleaux. L'axe de l'autre serre contre le côté gauche du trou dans les planches du châssis. Le jus de canne coule le long des rouleaux par un trou qui est au bas des châssis, et une rigole de bois le conduit dans un pot de terre. Deux longs poteaux enfoncés en terre suffisent pour fixer le moulin et lui donner toute la solidité dont il a besoin. La partie inférieure du châssis repose sur le sol qu'on a soin de choisir ferme et uni, afin que les poteaux puissent mieux y tenir. On fait un trou en terre juste au bout de la rigole et l'on y place le pot qui sert de récipient.

Revenons au travail régulier de la canne à sucre.

Le jus obtenu se compose de deux parties: l'une solide, l'autre liquide. Il est important de les séparer immédiatement, sans quoi la partie solide développerait la fermentation de la partie liquide et cela au détriment du principe sucré qu'elle contient. Le repos et le filtrage sont les deux moyens qu'on emploie, et des deux il est important de choisir le plus expéditif. Cette partie solide contient des débris de cannes, une fécule verte, de l'acide malique, de la gomme, du sucre cristallisable et incristallisable. Au sortir des cylindres le vesou est trouble, d'un gris verdâtre, une couche épaisse de mousse le recouvre, sa saveur est douce, sucrée, et son arôme est agréable. Sa pesanteur spécifique est de 1,033 à 1,106, selon les conditions dans lesquelles a été plantée la canne. En effet la richesse saccharine varie avec la nature du sol, la culture, la saison et l'espèce de la plante. Une fois le jus séparé de sa fécule verte et de ses parties glutineuses, il est encore sujet à la fermentation; mais alors c'est une fermentation alcoolique. Le jus coule du moulin par une gouttière en bois doublée de plomb, et se rend dans la sucrerie où de vastes bassins ou chaudières le reçoivent.

Dans les établissements qui fabriquent pendant le temps de la récolte en moyenne 15 à 20 barriques de sucre par semaine, trois chaudières de clarification de la contenance de 100 hectolitres chacune suffisent au travail. Avec des chaudières de cette dimension, on peut, au moyen d'un robinet ou d'un siphon, décanter lentement la liqueur sans agiter les dépôts d'écumes. Chaque chaudière est disposée sur un foyer séparé garni d'un registre qui modère l'activité du feu. Dès que le moyen a fourni au clarifieur assez de jus frais pour remplir la chaudière, on allume le feu et on ajoute à la liqueur le *tempor*, qui est une dose de chaux délayée avec soin dans un peu de jus. Quand on se sert, pour clarifier, d'une émulsion albumineuse, on a besoin de fort peu de chaux, car le suc de canne récent ne renferme point d'acide à saturer en proportion appréciable. La chaux et les alcalis en général, quand on les emploie en petite quantité, coagulent la matière extractive glutineuse du jus et tendent ainsi à la clarifier; l'excès de chaux peut toujours être corrigé par un peu d'eau d'alun.

Dans une saison favorable, les cannes venues dans un sol calcaire fournissent une matière saccharine tellement élaborée et un mucilage glutineux si condensé, qu'on peut en tirer un jus parfaitement clair et un beau sucre sans faire usage de la chaux.

A mesure que la liqueur s'échauffe dans la chaudière, une écume formée du *coagulum* du jus de canne monte à sa surface. On pousse graduellement le feu jusqu'à ce que la température approche du point de l'ébullition, qu'il ne faut pourtant pas atteindre. On juge que la chaleur est suffisante quand l'écume s'élève et forme des flocons qui, en se déchirant, donnent naissance à une matière blanchâtre. Cela a lieu environ 40 minutes après que le feu a été allumé. On l'éteint alors en baissant le registre; on laisse reposer pendant une heure la liqueur clarifiée, puis on l'introduit dans la plus grande des chaudières d'évaporation qui est la dernière de la rangée.

Le critérium qui indique aux nègres cuiseurs le point convenable de concentration, est difficile à décrire; l'expérience et la sagacité de l'ouvrier sont là pour beaucoup. Quelques-uns d'eux jugent du degré de cuite par le grain qui se forme sur l'écume refroidie; mais la plupart décident par le toucher, ce qui consiste à prendre une goutte de sirop avec l'index, à la presser contre le pouce, et à écarter ensuite ces deux doigts en regardant l'effet du liquide interposé. La longueur du filet qui se rompt à une certaine extension et se retire vers l'index, est en quelque sorte proportionnée au degré de concentration. Il est bon, en outre, d'examiner l'apparence de la granulation, car un sirop visqueux et de mauvaise qualité peut fournir un filet assez long, et une fois refroidi, cristalliser à peine. Il faut donc tenir compte et de l'aspect et de la solidité des grains, qui, jusqu'à ce qu'on remplace le mode actuel de concentration du jus de canne par un procédé plus perfectionné, continueront d'être les guides pratiques des cuiseurs nègres.

Dans les colonies, la purgerie est un vaste bâtiment au rez-de-chaussée duquel est une cave qui sert de réservoir aux mélasses. Cette cave ou citerne est doublée de plomb, planchéiée ou garnie de ciment; son fond est légèrement incliné; elle est en partie recouverte d'un massif solide sur lequel reposent debout les tonneaux à emporter. Ces tonneaux sont simplement des barriques à sucre vides et sans couvercle, dont le fond est percé de huit ou dix trous, dans chacun desquels est enfoncé un bouchon qui dépasse le dessus et le dessous du tonneau de 0m15 à 0m20. On appelle empotage l'acte qui consiste à verser le sucre concret des cristallisations dans ces barriques. Les

trous du fond et les bouchons spongieux qui y sont enfoncés permettent aux mélasses de couler peu à peu dans la citerne qui est au-dessous. Ordinairement on laisse le sucre de qualité moyenne pendant trois ou quatre semaines dans la purgerie ; celui dont le grain est gros et mou y reste un mois à six semaines. La purgerie doit être bien close et bien chauffée, afin que la liquéfaction et l'écoulement des parties visqueuses s'opèrent bien.

Lorsque l'on veut faire du sucre terré, on concentre davantage le sirop, et quand on a envoyé trois ou quatre cuites au rafraîchissoir, on les brasse, afin d'obtenir un grain uniforme.

Des ouvriers transvasent ensuite ce sucre chaud dans des moules coniques, appelés *formes*, qui sont en poterie grossière, et ont à leur extrémité un petit orifice que l'on bouche avec une cheville en bois enveloppée dans une feuille de maïs. On range ces formes la pointe en bas, en les appuyant l'une contre l'autre. Comme la capacité des plus grandes d'entre elles est beaucoup moindre que celle des petites barriques d'empotage, et que le travail dure plusieurs semaines, il est nécessaire que les chambres à terrer soient très-spacieuses. Quand le sirop est convenablement pris, ce qui a lieu ordinairement au bout de dix-huit à vingt heures, on ôte aux formes leurs tasses ou bouchons, et on les met chacun sur un pot en terre pour les faire égoutter. Au bout de vingt-quatre heures on remplace les pots pleins par des pots vides, et l'on porte la mélasse contenue dans les premiers à la chambre de fermentation, ou bien on la vend. On procède alors au terrage : cette opération consiste à verser sur le sucre, à la base de la forme, une couche de terre argileuse délayée en bouillie un peu épaisse. L'eau qui se trouve dans la glaise s'en échappe par une infiltration lente, et se répandant également dans toute la masse du sucre, elle entraîne avec elle le sirop visqueux qui s'y trouve et qui est plus prompt à se dissoudre avec les cristaux. Quand la première couche de terre est entièrement sèche, on la remplace par une seconde, et souvent on en emploie une troisième, jusqu'à ce que le sucre soit assez blanc et assez purifié. Alors on le fait sécher à l'étuve, puis l'ayant brisé par morceaux, on le réduit en poudre grossière et on l'embarque pour l'Europe.

Les sucres terrés se classent par nuances diverses, selon la place qu'ils ont occupée dans la forme pendant l'égout et le terrage. Dans le commerce français on les distingue par première, seconde, troisième, forte, basse, commune en tête. Ce dernier article, qui est la pointe du pain, est un produit très-inférieur. Le sucre terré de Cuba prend le nom du port où on l'embarque, et s'appelle sucre *Havane*. Il faut employer pour faire le sucre terré la canne la plus mûre ; car un jus qui contiendrait beaucoup de gluten se graisserait trop pendant la concentration, pour que le terrage pût ensuite le purifier. On recuit dans un bâtiment à part, nommé la *raffinerie*, les sirops qui s'égouttent après l'application des seconde, troisième et quatrième couches de terre, et l'on en obtient encore des sucres assez beaux. Leur égout se rend à la citerne des mélasses. Les formes restent vingt jours dans la chambre à terrer avant qu'on en retire le sucre. On a rarement recours au terrage dans les colonies anglaises, parce qu'on a trouvé que l'augmentation de travail et la diminution de sucre qu'il entraîne, n'étaient pas compensées par la qualité supérieure des produits. Les consommateurs français, néanmoins, ont fait pendant longtemps un tel cas du sucre terré, qu'à Saint-Domingue seulement plus de quatre cents sucreries en fabriquaient (1).

SUCRE DE BETTERAVES. *V.* BETTERAVE.

SYSTÈME MÉTRIQUE. *Voy.* MÈTRE.

T

TACHYGRAPHIE, — TACHÉOGRAPHIE, — BRACHYGRAPHIE (de βραχύς court, ou ταχύς, prompt, et γραφω, écriture). — On appelle ainsi tout système abrégé d'écriture dans lequel on peut représenter par un seul signe un nombre plus ou moins grand de lettres ou de syllabes, et même des mots entiers. Les anciens avaient poussé très-loin cet art. Nous empruntons à l'*Encyclopédie des gens du monde* ce court aperçu sur l'art de la brachygraphie chez les anciens. Tiron, affranchi de Cicéron, et l'un des hommes les plus instruits de son temps, en est cité comme l'inventeur ; de là le système d'écriture abrégée qu'il avait composé, est connu sous le nom de *Notes tironiennes*. Il est pourtant certain que l'art de la brachygraphie est plus ancien ; le besoin dut d'abord indiquer dans plusieurs circonstances des moyens d'abréviations isolés pour augmenter la rapidité de l'écriture ; et même comme art soumis à des règles précises, pouvant s'enseigner et se transmettre. On fait remonter la brachygraphie jusqu'aux beaux temps de la littérature d'Alexandrie, sous les premiers Ptolémées. Là elle prit sans doute naissance aux cours publics et si fréquentés des rhéteurs. Il est probable que Tiron compléta ce système d'écriture abrégée en étendant à tous les sujets ces moyens d'abréviation qui, chez les Grecs d'Alexandrie, durent se borner aux matières de critique et de grammaire. Peut-être alors, pour plus d'ensemble dans son travail, choisit-il des signes tout nouveaux. Quoi qu'il en soit, cette écriture, dans le peu d'échantillons qui nous en

(1) Cet intéressant article a été inséré par M. O. Valerio, dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

restent, ne varie jamais : elle est la même sur les manuscrits du xe siècle et sur ceux du ve, ce qui fait supposer qu'elle devrait remonter de même sans altération, sinon jusqu'aux temps des premiers Ptolémées, au moins jusqu'aux premiers Césars. Elle est d'une lecture extrêmement difficile, et ne nous est parvenue que dans de courtes remarques en marge de quelques manuscrits. Ces remarques n'ont quelquefois pas de rapport avec le texte ; il y en a qui sont des imprécations de l'écrivain contre quelque homme puissant du jour, qu'il n'a osé attaquer en écriture ordinaire, comme celle du reste du manuscrit. Gruter a réuni tous les signes des notes tironiennes, et les a fait graver à la fin de son *Corpus inscriptionum*, 1616, in-fol. Dans la grande édition en 5 volumes que Grævius a donnée de cet ouvrage, 1707, elles se trouvent à la fin du 2e vol. ; malgré la facilité que donne ce répertoire, la lecture du plus petit morceau en est toujours fort pénible, à cause de la rapidité avec laquelle on l'écrivait. La grande rareté des monuments en brachygraphie vient même de ce qu'on ne s'en servait jamais que pour recueillir rapidement des paroles prononcées en public. Quand on était entré chez soi, on les mettait au net en écriture cursive, ou on les faisait écrire en onciale par un esclave lettré.

Les Romains étaient devenus très-habiles dans l'emploi de la brachygraphie. *On achève d'écrire une phrase*, dit Ausone, *avant que l'orateur ait fini de la prononcer*. Sans prendre au pied de la lettre cette hyperbole poétique, on ne peut s'empêcher de reconnaître qu'ils avaient atteint en ce genre une grande perfection, résultat d'une organisation sociale où tout se faisait en public et où la grande influence de la parole exerçait les premiers citoyens à une élocution facile. Ainsi la grande utilité de la brachygraphie lui avait assigné une place dans toute éducation soignée. On appelait cela *notis scribere*, et les personnes qui faisaient leur principale occupation de recueillir ainsi les discours publics (comme font aujourd'hui les sténographes, mais en plus grand nombre) se nommaient *notarii*. Plus tard, sous le christianisme, on voit l'importance que les fidèles mettaient à recueillir ainsi les sermons des Pères de l'Eglise ; quant aux anciens Athéniens, il ne paraît pas qu'ils aient eu les mêmes motifs de rechercher cette facilité. Passionnés surtout pour les finesses et l'élégance du style, ils n'attachaient de prix qu'aux discours travaillés, comme ceux de Démosthène, d'Eschine, etc. ; et l'on voit dans plusieurs endroits de ces deux orateurs que non-seulement leurs discours étaient écrits en entier avant d'être prononcés, mais qu'ils étaient même communiqués à un certain nombre d'amis.

Cet art, chez les modernes, est connu sous le nom de STÉNOGRAPHIE. — *Voyez ce mot.*

TANNAGE.—Les peaux sont formées d'une matière animale que l'ébullition avec l'eau transforme aisément en gélatine (*Voy.* ce mot). Elles s'imprègnent d'eau et se putréfient dans les lieux humides ; bien aérées au contraire, elles se dessèchent et acquièrent une dureté et une roideur qui en rend l'usure par le frottement prompte et facile. On les rend imputrescibles, dans l'opération du tannage, en combinant la matière animale gélatineuse qui les compose avec du tannin qui forme avec elle un composé insoluble dans l'eau froide et d'une texture spongieuse : la peau qui a été tannée prend le nom de cuir. On achève de donner aux cuirs la souplesse et l'imperméabilité nécessaire par le corroyage qui consiste à les comprimer par le battage ou le cylindrage, en les imprégnant souvent en même temps de matières grasses.

Avant d'entrer dans le détail de ces opérations, il est indispensable de donner quelques détails sur les matières premières, les peaux et le tan.

Les peaux qui arrivent à l'atelier de tannage se divisent en trois catégories : les peaux desséchées ; c'est dans ces deux derniers états que nous arrivent les peaux de l'Amérique du Sud. La nature propre des peaux nous portera à diviser la description des procédés de tannage en deux classes, suivant que l'on se propose d'obtenir des cuirs mous ou des cuirs forts : les cuirs mous se fabriquent avec les peaux de vaches, de veaux, de chevaux, etc. ; les cuirs forts avec les peaux de bœufs, de buffles.

Les matières tannantes sont le *tan* et le *sumac :* le sumac, à cause de son prix élevé, n'est guère employé que pour le tannage des peaux destinées à la maroquinerie. Le tan n'est autre chose que l'écorce de chêne, séchée, hachée, puis finement pulvérisée. L'époque à laquelle on enlève l'écorce n'est pas indifférente : ainsi celle enlevée au printemps, quand la séve est en pleine activité, contient, d'après Davy, 6,04 p. 100 de tannin, tandis que celle recueillie en automne n'en renferme plus que 4,38. Pour enlever l'écorce de chêne on en coupe une bande circulaire aux deux extrémités du tronc, puis on l'extrait par bandes en la fendant de haut en bas ; on la sèche ensuite lentement à l'ombre. On hache d'abord l'écorce sèche soit dans des pilons tranchants, soit au moyen de machines semblables au hache-paille à tambour, mais plus fortes ; on les pulvérise ensuite, soit dans des pilons d'un bocard, soit dans des moulins à noix analogues aux moulins employés dans les cuisines pour broyer le poivre, le café, etc.

Tannage des peaux destinées à donner des cuirs mous.—Ces peaux sont, comme nous l'avons dit, celles de vaches, de veaux, de chevaux, etc. On commence par les laver, s'il se peut, dans une eau courante, pour les ramollir et les dessaigner ; cette opération ne dure que deux ou trois jours pour les peaux fraîches ; elle est plus longue pour les peaux sèches et surtout celles qui sont salées, qu'il faut non-seulement laver, mais fouler aux pieds, étirer chaque jour, passer au chevalet, etc., jusqu'à ce

qu'elles soient convenablement assouplies. Aussitôt le dessaignage terminé, on porte les peaux à l'atelier de pelanage, qui se compose ordinairement de cinq bassins rectangulaires, en bois ou en maçonnerie, remplis de lait de chaux plus ou moins fort; chaque bassin peut renfermer de cent cinquante à trois cents peaux; on fait passer celles-ci successivement dans les cinq bassins, en commençant par le pelain mort, c'est-à-dire le plus faible ou le plus épuisé, et finissant par le pelain neuf ou le plus énergique que l'on vient de revivifier en y ajoutant de la chaux parfaitement éteinte et passée au tamis. Le pelanage dure de trois à quatre semaines. On emploie environ un hectolitre de chaux par vingt à vingt-cinq peaux de moyenne grandeur. Le pelanage terminé, on procède au débourrage ou épilage, opération qui consiste, comme l'indique son nom, à enlever le poil en raclant la peau du haut en bas avec un couteau émoussé, dit couteau rond. Cela fait, on lave les peaux dans l'eau et on leur fait subir sur le chevalet les quatre opérations suivantes, en les lavant dans l'eau entre chacune : 1° On écharne, c'est-à-dire on enlève la chair et les impuretés qui restent attachées à la peau, avec un couteau tranchant à lame circulaire; 2° on rogne les lambeaux inutiles de la peau et surtout les bords qui sont plus épais que le reste, avec un couteau de forme appropriée; 3° on adoucit le grain de la fleur, c'est-à-dire le côté du poil avec une pierre à affûter emmanchée comme le couteau rond; 4° enfin, on nettoie parfaitement les deux côtés de la peau, avec un couteau à lame circulaire, jusqu'à ce que l'eau de lavage sorte bien limpide.

Les peaux ne sont pas encore suffisamment gonflées, pour être soumises au tannage proprement dit; on opère ce gonflement en les introduisant dans des cuves, contenant une dissolution de tannée (tan épuisé en grande partie dans les fosses et altéré par un long séjour à l'air) acide et faible, dite *jusée*, marquant 0°4 à l'aréomètre; on relève les peaux chaque jour, pendant les trois à quatre premiers jours, en y ajoutant à chaque immersion un à deux paniers de tannée et y agitant les peaux pendant quelques heures; on laisse ensuite les peaux en repos pendant trois ou quatre jours, puis on les porte dans une dissolution de tan neuf marquant 0°9; enfin après avoir augmenté à deux ou trois reprises la force de la dissolution et agité à chaque fois les peaux comme ci-dessus, on les laisse reposer pendant une quinzaine de jours. Au bout de ce temps on porte les peaux aux fosses où s'opère le tannage proprement dit : on place d'abord au fond des fosses une couche de vieux tan de 0m15 environ, puis une couche de tan neuf de quelques centimètres; on dispose par-dessus les peaux en les séparant par des couches de tan, et enfin, au-dessus de la dernière couche de ce tan, on place une couche de tannée de 0m33, que l'on recouvre de planches chargées de pierres.

On fait alors arriver dans la cuve de l'eau déjà chargée de tan, qui, humectant toutes les parties, dissout le tannin, le porte, sur la peau, et détermine la combinaison avec la matière animale. Les fosses ainsi remplies contiennent six à sept cents peaux et sont abandonnées à elles-mêmes pendant quatre à huit mois; pendant cet intervalle on ne relève les peaux qu'une seule fois pour les disposer en sens inverse, celles de dessus au fond et réciproquement, entre de nouvelles couches de tan neuf.

Pour les peaux de cheval, on remplace le tannage proprement dit dans des fosses, par le tannage à la *flotte*, qui ne dure que trois semaines environ, et qui s'opère tout comme le travail des cuves ou mise en jusée, en employant des dissolutions de tan neuf de plus en plus fortes.

Tannage des peaux destinées à donner des cuirs forts. — Ces peaux sont celles de bœufs, buffles, etc., leur préparation diffère de celle des cuirs mous en quelques points que nous allons faire connaître.

Le pelanage est supprimé et remplacé par une légère fermentation putride que l'on fait subir aux peaux entassées dans une chambre échauffée; depuis quelques années, on remplace cette opération par une autre qui consiste à exposer les peaux, pendant 24 heures, à l'action de la vapeur d'eau dans une chambre ou étuve maintenue à une température entre 20° à 25°. On procède ensuite comme à l'ordinaire à l'épilage. Le gonflement des peaux au passage de la jusée est très-long. Lorsqu'on emploie du jus de tan aigri, on l'accélère considérablement en ajoutant à la jusée, dans tous les passements, excepté au premier, de l'acide sulfurique, jusqu'à ce qu'il marque 10 à 12° au pèse-vinaigre. Enfin, le tannage en fosses dure de dix-huit mois à deux ans; en Angleterre, on emploie de préférence le tannage à la flotte qui abrége l'opération, mais qui a l'inconvénient de donner aux cuirs une couleur foncée à laquelle les commerçants français ne sont pas habitués.

Les cuirs forts tannés sont nettoyés sur des tables en bois, au moyen de brosses ordinaires, puis séchés pendant quelques jours à l'air libre. Enfin, on termine le cuir en le martelant, soit à la main, soit au moyen du marteau mû par une roue hydraulique ou une machine à vapeur, soit en remplaçant le martelage par un frottement de roulement très-énergique, produit par des rouleaux lamineurs que l'on charge de poids plus ou moins forts; dans tous les cas, on facilite singulièrement le travail en chauffant, à la vapeur ou autrement, l'enclume ou le stoc sur lequel reposent les cuirs.

Passons maintenant à la description des modifications que l'on a proposé d'apporter au mode de tannage que nous venons de décrire. L'emploi de la chaux dans le pelanage a l'inconvénient de laisser dans la peau, à l'état de combinaison insoluble,

une certaine partie qui ralentit considérablement l'absorption du tannin. M. Boudet a proposé de lui substituer la soude caustique; avec cet alcali, le pelanage ne dure que de deux à trois jours, les peaux se dégagent plus facilement sur le chevalet, et le tannage s'opère dans moitié moins de temps. 2 kilog. de carbonate de soude, dissous dans 50 litres d'eau et rendu caustique par l'addition de 1 k. 50 de chaux éteinte en poudre, suffisent pour le pelanage de 100 kilos de peaux fraîches. On a aussi essayé le sulfure de calcium qui agit encore plus rapidement que la soude caustique, et qui facilite beaucoup le tannage; les tanneurs accusent ce dernier procédé de donner des cuirs trop gonflés d'eau. On a ensuite essayé d'accélérer le tannage par une action méthodique de la matière tannante, fondée sur la méthode de déplacement, et plusieurs fabriques emploient actuellement des procédés basés sur ce principe.

En Angleterre, N.-W. Drake a proposé de plonger les peaux, après le gonflement, dans une légère dissolution de tan, où elles reçoivent un commencement de tannage; on prend alors deux peaux, autant que possible de la même grandeur et de la même forme, que l'on place grain contre grain, puis on coud exactement et autour les bords qui se correspondent avec du gros fil ciré de cordonnier; on suspend alors ce sac, puis à l'aide d'un entonnoir passé dans une ouverture réservée à la partie supérieure du sac, on remplit le sac avec une solution de tan froide; bientôt la liqueur exsude peu à peu à travers le sac; on la reçoit dans un vase placé au-dessous et on le renverse dans le sac. Lorsque les peaux deviennent dures et fermes, quoique toutes leurs parties soient également humides, on élève la température de l'atelier de tannage, de 20° jusqu'à 60° en maintenant cette dernière chaleur, jusqu'à ce que les peaux soient devenues complétement dures et fermes sur tous les points de couture, et après avoir coupé les bords, on termine les peaux à la manière ordinaire. *Par ce procédé*, dit l'inventeur, *le tannage ne dure que dix à quinze jours.*

MM. Knowlis et Ce accélérèrent l'absorption du tannin en suspendant les peaux dans un vase fermé hermétiquement, dans lequel on introduit une dissolution de tan, après y avoir fait le vide. Enfin, M. Vauquelin a beaucoup diminué le temps du tannage, en opérant mécaniquement l'écharnage, en tannant presque complétement à la flotte et seulement à la fin, pendant une dizaine de jours, dans des fosses, en débourrant par l'exposition pendant 12 heures, dans des étuves à l'action directe de la vapeur vésiculaire à 30°, et en soumettant fréquemment les cuirs à l'action de pilons dans une espèce de moulin à foulon.

Corroyage des cuirs mous. — Les cuirs arrivant du tannage sont ramollis avec de l'eau, puis assouplis en les foulant aux pieds; on les nettoie alors du côté de la chair, avec un couteau à tranchant émoussé, puis on les écharne ou drage du même côté, pour leur donner une moindre épaisseur, et par suite plus ou moins de souplesse, soit avec un couteau à tranchant dont le fil est rabattu à angle droit avec la lame, soit avec un couteau annulaire légèrement courbé, le vide central servant à passer la main. Lorsque les peaux ont été nettoyées et dragées, on les tire à la paumelle; celle-ci est une pièce de bois de 0^m30 de long sur 0^m11 de large, plate et unie en dessus, et bombée en dessous dans le sens de la longueur, de manière à ce que la plus grande épaisseur se trouve au milieu; la partie bombée est sillonnée de cannelures transversales peu profondes plus ou moins fines; sur la partie plate se trouve une poignée en cuir. On opère comme suit: on plie un quartier de la peau, fleur contre fleur, on avance la paumelle et on la retire fortement, en ramenant par soubresauts le quartier de la peau qui frotte sur le milieu de la peau; on agit de même sur les trois autres quartiers; en répétant l'opération sur la fleur; on abat le grain que l'on vient de former et on rend la peau plus lisse et plus douce; on termine quelquefois, dans ce dernier but, avec des paumelles plates en liége. On rend enfin les cuirs aussi uniformes que possible en les étirant fortement sur une plaque en cuivre ou en fer, suivant que l'on craint ou non de colorer la peau, placée de champ et terminée par un tranchant arrondi. Les cuirs corroyés qui sont livrés au commerce après avoir seulement subi les préparations que nous venons de décrire, sont connus sous le nom de cuirs étirés.

Les cuirs en suif, employés surtout par les selliers et les bourreliers, se préparent en flambant légèrement à un feu clair les cuirs étirés, les étendant sur une table, et appliquant sur les deux faces en plus grande quantité sur le côté de la chair, du suif fondu, au moyen d'un pinceau en laine; on laisse le cuir s'imbiber 8 à 10 heures, on le foule, on passe la paumelle du côté de la chair, on tend la peau sur une table, la fleur en dessus, on l'unit avec l'étire, on essuie avec les débris du dragage pour enlever l'excès du suif, puis on noircit immédiatement en passant successivement trois couches de noir, au moyen d'un torchon de laine ou d'une brosse de crin. La liqueur tinctoriale qui altère le moins le cuir s'obtient en faisant digérer la vieille ferraille dans du vin ou de la bière aigres, le sel double de fer obtenu réagit sur le tannin du cuir et produit du tannate de fer insoluble d'un beau noir. Après la mise en couleur, on passe une couche de bière aigrie, on donne le grain avec la paumelle, on dégraisse la fleur en frottant avec un morceau de laine, on fait reparaître le grain avec une paumelle fine, et on lustre la peau avec une décoction d'épine-vinette.

Les cuirs en huile se préparent comme les cuirs en suif, à cette différence près qu'on remplace le suif par de l'huile de poisson, ou mieux par le dégras des chamoiseurs, qui

est un mélange d'huile de poisson et de potasse qu'on emploie pour dégraisser les peaux qui se passent en chamois.

Quand on veut conserver aux cuirs en suif et en huile leur couleur naturelle, on supprime la teinture noire, et on donne le lustre avec une infusion de graine d'Amérique et de safran dans de la bière.

Cuirs de Russie. — Les cuirs de Russie se préparent comme il suit: on traite d'abord les peaux comme dans le tannage ordinaire, puis après que l'on a écharné et donné les façons sur le chevalet, on les fait macérer 48 heures, dans un bain que l'on prépare en prenant 1 kil. de farine de seigle pour dix peaux la faisant fermenter avec du levain, et délayant dans une quantité d'eau suffisante; on transvase les peaux dans des cuves pleines d'eau, où on laisse dégorger, puis on les lave à la rivière; on les plonge et les travaille ensuite deux fois par jour, pendant quinze jours, dans une décoction d'écorce de saule; enfin, on les imprégne du côté de la distillation, d'écorce de bouleau.

Le cuir ainsi obtenu et coloré en rouge est très-recherché, parce qu'il n'est pas sujet à se moisir à l'humidité et qu'il n'est jamais attaqué par les insectes qu'il éloigne même de son voisinage par sa forte odeur.

Cuirs hongroyés. — Les cuirs hongroyés, ou cuirs de Hongrie, diffèrent des cuirs tannés, en ce que l'on remplace le tan par du chlorure d'aluminium, obtenu par double décomposition au moyen de l'alun et du sel marin, et par du suif dont on imbibe le cuir. On remplace presque toujours l'épilage à la chaux par un rasage soigné. Après l'écharnage, on plonge les peaux et on les piétine dans une dissolution chaude de 2 1/2 à 3 kil. d'alun et de 1 1/2 à 2 kil. de sel marin; on les laisse ensuite dans de l'eau chaude, puis on recommence une seconde fois la même série d'opérations; on les laisse ensuite tremper huit jours dans de l'eau alunée, on les fait sécher, soit à l'air, soit dans une étuve, et lorsqu'ils sont suffisamment secs, on les piétine de nouveau, puis on les blanchit par l'exposition au soleil. On les passe enfin en suif, à peu près comme à l'ordinaire. Les cuirs ainsi fabriqués ont beaucoup de force et de souplesse; ils sont particulièrement recherchés par les bourreliers-selliers.

Mégisserie. — Les mégissiers conservent également les peaux par le chlorure d'aluminium: ils traitent les peaux de moutons et de chevreaux pour la ganterie, ainsi que celles qui doivent conserver leur poil. L'épilage se fait en barbouillant le côté de la chair avec une bouillie de chaux et de sulfure d'arsenic (*orpiment*); au bout de vingt-quatre heures, le poil se détache avec la plus grande facilité. Après l'écharnage et les façons données sur le chevalet, on fait gonfler les peaux en les immergeant pendant trois semaines en hiver, et deux ou trois jours seulement en été, dans un bain de son qui en renferme 200 grammes par peau. On les immerge ensuite dans une dissolution chaude renfermant par peau 600 à 900 grammes d'alun et 150 à 200 grammes de sel marin. On les passe enfin au blanc, les laissant tremper une nuit entière dans un bain composé, par peau, de 600 à 700 grammes de farine et d'un demi-jaune d'œuf, que l'on pétrit jusqu'à la consistance du miel, en y ajoutant la liqueur saline tiède qui a servi à l'opération précédente. On les humecte en les plongeant quelques instants dans un baquet d'eau, puis on les étire au palisson. Lorsqu'on doit conserver le poil, on supprime l'épilage.

Chamoiserie. — Le chamoiseur emploie les mêmes peaux que le mégissier, et les premières opérations sont les mêmes; seulement, au sortir du bain de son, il imprégne la peau d'huile de poisson par des foulages répétés dans une sorte de moulin à foulon. On passe ensuite la peau dans une étuve légèrement chauffée, pour faciliter l'absorption de l'huile; on leur donne la façon sur le chevalet; on les dégraisse en les faisant tremper pendant une heure dans une lessive tiède de potasse, marquant 2 degrés à l'aréomètre; on les retire et on les tend; enfin on termine en les étirant au palisson.

Maroquin. — Le maroquin se fait avec des peaux de chèvres et souvent même de moutons. On fait revenir les peaux sèches pendant deux à quatre jours d'une opération précédente; on les écharne; on opère l'épilage à la chaux, et on fait dégorger avec le plus grand soin, soit dans une roue à laver, soit en les faisant digérer pendant vingt-quatre heures dans un bain de son aigri. Les peaux destinées à être teintes en rouge sont alors cousues deux par deux, la chair en dedans, de manière à former un sac, puis passées dans un bain de chlorure d'étain, et ensuite dans un bain de cochenille. Après les avoir rincées, on les tanne, en décousant une partie du sac pour y introduire la quantité de sumac nécessaire au tannage, gonflant le sac en y insufflant de l'air, liant vivement l'orifice avec une ficelle, puis les agitant sans cesse en tous sens pendant quatre heures, dans une faible dissolution de sumac; après les avoir relevées deux fois en vingt-quatre heures, le tannage est terminé. Les peaux qui doivent recevoir une couleur autre que rouge, sont immédiatement tannées à la flotte, au sumac, après le dégorgeage; on les nettoie ensuite, on les sèche et on les met en magasin. Avant de les teindre, on les fait revenir en les plongeant dans de l'eau à 30°; puis les soumettant à un foulonnage énergique, on les nettoie ensuite et on les plie en deux, chair contre chair, en faisant adhérer autant que possible les deux parties au moyen d'un couteau rond émoussé. Le noir se donne à la brosse avec une dissolution de fer dans de la bière aigrie; le bleu se teint à froid dans la cuve à indigo; le jaune et toutes ses nuances dans une dissolution d'épine-vinette; les violets et les pensées, en donnant une ou deux couches de bleu, puis passant dans un bain de coche-

chenille plus ou moins chargé. On comprime ensuite fortement les peaux de même couleur, en les empilant sur le plateau d'une presse hydraulique, pour chasser l'excès d'eau et la couleur non fixée.

Quelle que soit sa couleur, on termine le maroquin avant qu'il soit complétement desséché, en l'amincissant avec un couteau droit à fil relevé, puis le lustrant avec des cylindres lamineurs en cristal de roche; enfin leur donnant le grain à l'aide de la paumelle. On obtient un grain losange, en passant dans deux sens un cylindre en bois dur (buis ou poirier), taillé à sa surface en vis très-fine.

TANNIN. — Le *tannin* ou *acide tanique*, matière tannante des végétaux, est une matière incolore, très-soluble dans l'eau et l'alcool, beaucoup moins dans l'éther, et d'une saveur astringente; il précipite les solutions de gélatine et des alcalis en blanc, et les sels de peroxyde en bleu noir. A l'air, en dissolution dans l'eau, il se transforme en acide gallique. On l'obtient aisément en plaçant un tampon de coton au fond d'une allonge effilée à son extrémité, la remplissant à demi de noix de galle pulvérisée, versant dessus de l'éther, fermant avec un bouchon et posant la pointe en bas, dans le col d'une fiole; au bout de quelques jours on trouve dans la fiole deux couches bien distinctes. En évaporant l'inférieure, qui est la plus dense, on obtient du tannin sec et pur dans la proportion de 50 p. 100 de la noix de galle employée (1).

TAPISSERIE. — La tapisserie est une pièce d'étoffe faite à l'aiguille ou au métier avec des fils de laine, de soie ou autres, dont les diverses couleurs sont disposées de manière à former des dessins d'ornements ou de figures. Nous n'entreprendrons point ici d'entrer dans tous les détails que comporte la fabrication des tapisseries, ce que nous avons dit aux mots LAINES, TEINTURE, DRAPS, LIN, MÉTIERS A LA JACQUART, mettant suffisamment le lecteur au courant de la fabrication et de la teinture des divers tissus; nous nous contenterons de donner, d'après M. Bourquelot, un rapide historique des divers genres de tapisserie connus.

Ce genre d'ouvrage semble avoir été pratiqué de toute antiquité. Au temps de la guerre de Troie, il était déjà célèbre en Asie, et surtout en Phrygie, d'où est venu son nom d'*opus Phrygium acupictum*. Homère en fait mention en divers endroits.

Les Grecs suspendaient dans les temples des tapisseries peintes et historiées, et les Romains faisaient grand cas de ces tissus colorés qu'ils appelaient *picturæ textiles*. Verrès en mit quelques-uns au nombre des curiosités dont ses palais étaient remplis.

Le goût des tapisseries persista à travers les événements qui signalèrent l'agonie de l'empire romain. Les historiens parlent de tapisseries en décrivant le palais de Justinien. En Gaule, sous les Romains, la ville d'Arras était renommée pour les tissus de pourpre qu'on y fabriquait. Dès le VII° siècle, les tapisseries furent employées à la décoration des églises. Dagobert, qui prodigua dans la construction de la basilique de Saint-Denis l'or, l'argent, le marbre, les pierreries, ne fit point peindre l'intérieur de l'édifice : il couvrit entièrement les murailles et même les colonnes de tentures enrichies de perles, et cette innovation eut une grande influence sur la décoration ultérieure des églises. L'usage des tapisseries s'étendit successivement et devint de plus en plus commun, au préjudice de la peinture à fresque. Les riches abbés tenaient à honneur d'étaler dans leurs églises les plus grands et les plus magnifiques tapis. D'après les règlements de l'abbaye de Cluny, fondée en 910, les murs, les bancs, les siéges du monastère, dans la partie destinée aux étrangers, devaient être, aux jours de grandes fêtes, couverts de tapisseries. En 1095, le jour de Pâques, l'église de l'abbaye de Fleury fut, disent les historiens, convenablement ornée de tentures de soie.

Il est question, au X° et au XI° siècle, de diverses fabriques de tapisseries. Il y en avait une, vers 985, dans l'abbaye de Saint-Florent de Saumur. Les moines tissaient des tapisseries et les ornaient de fleurs et de figures d'animaux. En 1025, on faisait à Poitiers des tapisseries et des tapis dont les dessins représentaient des portraits de rois et d'empereurs, des animaux, des personnages bibliques, etc. Les prélats d'Italie faisaient venir des produits de cette manufacture, et Guillaume V, comte de Poitiers, offrit au roi Robert, outre une grosse somme d'argent, de lui donner cent pièces de tapisseries, s'il voulait favoriser ses projets sur l'Italie. En 1060 Gervin, abbé de Saint-Riquier, se signala par les tentures et les beaux tapis dont il enrichit son monastère; enfin on sait qu'il y avait, depuis le IX° jusqu'au XII° siècle, un grand nombre de tapisseries à l'abbaye de Saint Denis, à celle de Saint-Wuast, au Mans, dans diverses églises de la Picardie et de la Normandie, à Saint-Martin du mont Canigou (Pyrénées-Orientales), etc., et l'on peut en conclure que la fabrication des tapisseries était alors très-commune en France.

On a tant parlé de la tapisserie de Bayeux, précieux monument qui existe encore, qu'il nous semble inutile d'en donner ici la description. Elle date du XI° siècle, et représente la conquête d'Angleterre par les Normands. La tradition et la plupart des écrivains qui s'en sont occupés l'attribuent à Mathilde, femme de Guillaume le Bâtard, c'est-à-dire à la première reine normande de la Grande-Bretagne. Quelques-uns veulent que la tapisserie de Bayeux soit l'ouvrage d'une autre Mathilde, fille de Henri Ier, roi de France, d'abord femme de l'empereur Henri V, puis du comte d'Anjou, Geoffroy Plantagenet.

(1) Les deux articles qu'on vient de lire sont empruntés au *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

Paris avait, sous le règne de saint Louis, des fabriques de tapisseries dont les ouvriers formèrent dans la ville un corps à part. Etienne Boileau, dans son *Livre des Métiers*, cite la corporation des tapissiers de tabis sarrazenois, qui imitaient dans leurs ouvrages la manière des Orientaux. On voit ainsi que l'art de la tapisserie pratiqué à Alexandrie, à Damas, au Caire, etc., eut une certaine influence sur l'Occident à la suite des croisades; mais cette influence ne paraît pas avoir été aussi grande que l'ont prétendu quelques écrivains, et l'on a dit à tort que l'industrie des tapis était venue en Europe par les croisades. Saint Louis envoya des tapis aux princes musulmans; et quand la rançon de Jean, fils de Louis le Malte, comte de Flandre, fait prisonnier en 1396 à la bataille de Nicopolis, fut payée à Bajazet, on donna à ce prince de riches tapisseries d'Arras, représentant l'Histoire d'Alexandre.

Au XIVᵉ siècle, les tentures en tapisseries furent très-recherchées, et la manufacture de Saint-Florent de Saumur eut à lutter contre celles qui s'établirent en Picardie et dans la Flandre. Dans un inventaire des meubles de Charles d'Orléans, il est question d'un *tappiz à ymages*, où sont représentés les Vices et les Vertus, les Joûtes de Lancelot, l'Histoire de Renaud de Montauban, la Destruction de Troie, l'Histoire de Thésée, etc. Ces ouvrages étaient fort anciens. Car le tapis de haute lisse représentant Thésée est mentionné dans une cédule de Louis d'Orléans, du 11 janvier 1392, comme ayant été acheté quelques années auparavant, moyennant la somme de 1,200 francs d'or. Le même prince fit faire des tapisseries par Jehan de Faudroigne et Jacques Dourdan (1393). Il est question de tapis sarrazenois à or, de l'Histoire de Charlemagne, faits pour le duc de Touraine, en 1398, et destinés au château de Beauté par Jehan de Croizettes.

Au XVᵉ siècle, la tapisserie à personnages, ou historique, prit un grand développement. On la prodigua dans les églises, dans les monastères, dans les palais et les maisons des gens riches. Les bannières des saints, la tasse ou tablier dans lequel les maires mettaient les placets qu'on leur adressait, étaient ornés de broderies à l'aiguille. Les tapisseries provenant de la cathédrale de Montauban, à laquelle elles avaient été données par un évêque nommé Despien, datent du XVᵉ siècle. Elles représentent en seize tableaux la Légende de saint Martin de Tours. L'église de Saint-Anatole de Salins possédait autrefois quatorze panneaux de tapisserie de haute lisse faite à Bruges; il n'en reste aujourd'hui que quatre. En 1428, Simon de Crois était répareur de la tapisserie de Charles d'Orléans. En 1450, Nic. de La Ruelle, tapissier, fabriqua pour le consulat de Montpellier un bancal vert, sur lequel étaient tracées les armes de la ville. La cathédrale de Sens possède de belles tapisseries des XVᵉ et XVIᵉ siècles, qui heureusement ont attiré dans ces dernières années l'attention du Comité des arts et monuments. Jean Briche, avocat de Tours, qui écrivait en 1558, parle de belles étoffes en soie et en or, et de tapisseries au point et au métier, exécutées par Jean Duval et ses enfants, ouvriers célèbres au milieu du XVIᵉ siècle. Des produits de cette époque ornent encore la cathédrale de Beauvais; enfin il existe au musée de Dijon une tapisserie de la première moitié du XVIᵉ siècle, divisée en trois compartiments et représentant le siége de Dijon par les Suisses, en 1513.

Les manufactures de tapisseries de Flandre et de Bruges avaient été pendant longtemps les plus renommées en ce genre. Depuis le XVIᵉ siècle, la France put lutter avantageusement avec l'étranger. Un teinturier de Reims, *Gilles Gobelin*, qui vivait au temps de François Iᵉʳ, fonda à Paris, en s'associant ses frères, la célèbre fabrique qui garda son nom. Cette fabrique, que Gobelin fut bientôt obligé d'abandonner faute de ressources suffisantes, passa en diverses mains. En 1630, elle devint la propriété d'un Hollandais nommé *Gluck* et d'un tapissier de Bruges, qui lui rendirent quelque éclat, et l'établissement, agrandi par le ministre Colbert (1666), prit le nom de *Manufacture royale des tapisseries et meubles de la couronne*. On y installa des ateliers de bijouterie, de marqueterie, d'ébénisterie, de peinture, de gravure, etc., qui furent dirigés par des artistes habiles. Le peintre Lebrun, mis à la tête de la maison des Gobelins, et Mignard, son successeur (1690), avaient élevé au rang d'objets d'art les produits de cette manufacture, lorsque la pénurie des finances força Louis XIV à la fermer. Elle fut rouverte sous Louis XV, et, d'après les conseils de Vaucanson, des améliorations importantes furent introduites dans la fabrication.

Au milieu du XVIIIᵉ siècle, il y avait à la cour huit tapissiers servant chez le roi par quartier, et employés à la confection des meubles des palais royaux. Les fabriques les plus en réputation étaient celles des Gobelins, de la Savonnerie, celles de Rouen et de Bergame, où l'on faisait des ouvrages destinés aux pauvres gens; celles de Flandre et d'Oudenarde, celle de Bruges, celles de Venise, d'où sortaient les brocarts et les cuirs dorés, celle de Beauvais, transformée par Colbert en manufacture royale et celle d'Abbeville fondée par ce grand ministre.— Aujourd'hui l'art de la tapisserie a en partie changé de destination. Les papiers peints ont remplacé les étoffes tissées, pour la tenture des murailles. On orne les meubles de tapisseries, et l'on couvre de riches tapis fabriqués à la mécanique le sol des palais et des maisons privées.

La manufacture des Gobelins, qui avait été déclarée nationale en 1789, et qu'on avait réservée uniquement à la confection des tapisseries, fut bientôt après fermée et demeura vacante jusqu'à l'an IX. En 1793,

on livra à la république des Etats-Unis, en payement du blé qu'elle avait fourni à la France, de belles tapisseries de Beauvais et des Gobelins. Le premier consul rouvrit les Gobelins. On y copia des tableaux de Gros, de Gérard et de Girodet, sous l'empire, et des peintures de Rubens sous la Restauration.

En 1826, on entreprit la fabrication des tapis façon de Perse, et, dans la même année, l'établissement de la Savonnerie fut uni à celui des Gobelins. L'art de la tapisserie, rendu plus facile par l'admirable invention de Jacquart, a pris une grande extension et acquis une perfection remarquable; la manufacture d'Aubusson en particulier a pu faire concurrence à la manufacture royale. C'est dans cette dernière qu'on a terminé un immense tapis destiné à orner la grande salle des Ambassadeurs à Versailles, et commencé en 1783. Il est entouré de fleurs et d'arabesques. Aux quatre coins sont de gros bouquets de roses exécutés d'après les aquarelles faites par Madame Elisabeth, sœur de Louis XVI, et renfermant toutes les espèces de roses connues vers la fin du XVIIIe siècle.

On doit rattacher à la tapisserie la soie brochée, les dentelles brodées à la main, la guipure, les étoffes à ramages et ces tissus avec lesquels étaient faits les ornements des prêtres, et dont on trouve de très-anciens et très-beaux exemples à Sens et à Provins. (Extrait de *Patria.*)

TEINTURE. — La teinture est l'art de fixer des particules colorantes à la surface des fibres textiles. Les matières textiles sont rarement employées dans leur état orignel. Par la teinture, on leur communique une variété considérable de couleurs; mais pour cela il est essentiel qu'elles aient été soumises préalablement à différentes opérations: le lin, le chanvre, le coton sont soumis au blanchiment: la laine au dessuintage, la soie au décreusage. — *Voy.* LIN, LAINE, COTON.

Il n'entre pas dans notre cadre de donner un traité de l'art du teinturier, on trouvera dans ce Dictionnaire nombre d'articles qui s'y rapportent. *Voyez* BLEU DE PRUSSE, BLANC, JAUNE, OUTREMER, KERMÈS, INDIGO, PASTEL, BRUN, CARMIN, GARANCE, etc. Nous nous contenterons de donner avec le *Manuel Roret* un aperçu des travaux auxquels la teinture a donné lieu à diverses époques.

« La riche variété des couleurs de la nature, en éveillant chez l'homme dont elle flatte la vue le désir de les imiter, a dû faire naître les premiers essais de l'*art de la Teinture*, qui, sans doute remonte à la plus haute antiquité. Les sauvages eux-mêmes, après avoir choisi pour parure des plumes et des coquillages des couleurs les plus vives, ont tenté de reproduire ces brillantes couleurs naturelles par des peintures fixées sur la peau et dont les impressions les plus riches, réservées à la vanité des chefs, servent à les faire distinguer, en attirant les regards de la multitude. Il est plus que probable que la nature offrant des substances colorantes dont l'application devint facile aux peuples les moins avancés en civilisation, ces couleurs, d'abord imitées, furent ensuite perfectionnées par les nations plus policées, qui vinrent après eux. Nous voyons ainsi que les Gaulois préparèrent des couleurs, et qu'il s'établit chez eux quelques espèces de teintures qui ne furent pas dédaignées des Romains. L'art de la teinture a dû naturellement suivre les progrès de l'industrie ainsi que ceux du luxe.

« Les Egyptiens, au rapport de Pline, avaient trouvé un moyen de teindre qui avait quelque analogie avec celui que nous employons pour les toiles peintes. Ce fut à l'époque de l'invasion d'Alexandre dans les Indes, qu'on y teignit de différentes couleurs les voiles de ses vaisseaux; d'où Pline conclut que ce fut aux Indiens que les Grecs empruntèrent l'art de teindre les toiles, qui leur avait été jusqu'alors inconnu.

« D'après les belles couleurs que présentent les toiles des Indes, connues d'abord sous le nom de *perses*, parce que ce fut par le commerce avec la Perse qu'elles nous parvinrent, il y aurait lieu de croire que l'art de la teinture avait été porté dans l'Inde à un grand degré de perfection; mais on voit dans le *Traité sur les toiles peintes*, par Dufay, où se trouve décrite la manière dont on les fabrique aux Indes et en Europe, que les procédés indiens, compliqués, longs et imparfaits, avaient été bientôt surpassés par l'industrie européenne, tant à raison de la correction du dessin que sous les rapports de la variété des nuances et de la simplification des manipulations. Cependant l'Europe resta longtemps sans pouvoir égaler la vivacité de deux ou trois couleurs que les Indiens obtenaient de quelques substances colorantes particulières à leur pays, et qu'ils appliquaient sans art, à peu de frais, et avec cette dextérité que donne toujours une longue habitude. Parmi ce petit nombre de substances, il convient surtout de distinguer celle que sir Humphry Davy désigne par l'*ostrum* des Romains la pourpre des Grecs, regardée chez ces peuples comme la plus belle couleur et l'objet du luxe le plus recherché; les procédés de cette teinture ont été mieux conservés dans les monuments historiques que ceux des couleurs obtenues par d'autres substances colorantes. La pourpre, si célèbre parmi les anciens, dit le docteur Edward Bancroft, dans ses *Recherches expérimentales sur la physique des couleurs permanentes*, paraît avoir été trouvée à Tyr, environ douze siècles avant l'ère chrétienne: cette découverte, fameuse dans l'antiquité, de la pourpre de Tyr, contribua beaucoup à l'opulence de cette ville si renommée. On tirait cette teinture d'un coquillage univalve (*murex*) dont il y a deux espèces. Vitruve assure que la couleur différait suivant le pays d'où provenait le coquillage; que sa couleur était plus foncée et approchait davantage du violet dans les pays du nord, tandis qu'elle était plus rouge dans les contrées méridionales: il ajoute qu'on préparait la couleur en battant l'am-

mal avec des instruments de fer; puis, après avoir séparé la liqueur pourpre du reste de l'animal, on la mêlait avec un peu de miel. Suivant Bancroft, le coquillage se pêchait sur les bords de la Méditerranée; on faisait des incisions à la gorge de l'animal, ou bien on le broyait tout entier, et on le tenait ensuite pendant plusieurs jours en dissolution dans de l'eau et du sel, en renfermant le mélange dans des vases de plomb. La très-petite quantité de liqueur que l'on retirait de chaque coquillage, et la longueur du procédé de teinture, dont les opérations duraient au moins dix jours, avaient fait monter la pourpre à un si haut prix, que du temps d'Auguste on ne pouvait avoir pour 1,000 deniers (environ 700 francs de notre monnaie) un demi-kilog. de laine teinte en pourpre de Tyr. Cette précieuse teinture fut presque partout un attribut de la haute naissance et des dignités. La pourpre servait de décoration aux premières magistratures de Rome, jusqu'à ce que les empereurs se fussent réservé le droit de la porter; bientôt elle devint le symbole de leur inauguration; et enfin la peine de mort fut décrétée contre ceux qui auraient osé porter la pourpre, même en la couvrant d'une autre teinture.

« Comme on employait différentes méthodes pour teindre avec le suc de la pourpre, on obtenait ainsi une grande variété de couleurs de pourpre que l'on distinguait par différents noms : la pourpre de Tyr avait, suivant Pline, la couleur du sang coagulé ; la pourpre améthyste avait celle de la pierre de ce nom ; une autre pourpre ressemblait à la violette. Il paraît que quelques-unes de ces espèces de pourpre conservaient pendant très-longtemps leur couleur ; car Plutarque fait remarquer, dans la Vie d'Alexandre, que les Grecs trouvèrent dans le trésor du roi de Perse une grande quantité de pourpre dont la beauté n'était pas altérée, quoiqu'elle eût 190 ans d'ancienneté.

Le docteur Bancroft raconte qu'en 1683, un homme qui gagnait sa vie en Irlande à marquer du linge avec une belle couleur cramoisie qu'il obtenait d'un coquillage marin, trouva, après quelques recherches, sur les côtes des comtés de Sommerset et de Galles, une grande quantité de buccins qui donnaient une couleur visqueuse blanchâtre lorsqu'on ouvrait une petite veine près de la tête de l'animal ; des marques faites avec cette liqueur prenaient, au contact de l'air, une couleur d'un vert tendre, qui passait ensuite par degrés, lorsqu'on l'exposait au soleil, à un pourpre très-beau et durable. En 1799, M. de Jussieu trouva sur les côtes occidentales de la France un petit buccin semblable au limaçon des jardins ; et l'année suivante, M. de Réaumur observa sur les côtes du Poitou ce même coquillage en grande abondance. Le même naturaliste trouva, en 1736, sur les côtes méridionales, la *purpura*, seule espèce de murex qu'on connaisse maintenant. Tous ces coquillages fournissent un liquide qui possède dans un degré plus ou moins éminent les propriétés dont il vient d'être parlé. *On peut conclure de ces découvertes*, dit le docteur Bancroft, *que nous avons tout le secret de la pourpre de Tyr*.

« Ainsi, l'opinion de ceux qui regardaient cette couleur, si fameuse par sa beauté, comme perdue, n'était pas fondée. Les coquillages qui fournissaient la liqueur colorante de la pourpre existent probablement avec autant d'abondance qu'autrefois, et ils ont été suffisamment désignés pour qu'on puisse les reconnaître ; en effet, indépendamment de ceux qu'on a trouvés dans l'Amérique méridionale, jouissant de toutes les propriétés décrites par Pline et les auteurs anciens, et dont il est dit, dans l'*Histoire philosophique et politique du Commerce des Indes*, qu'on fit quelque emploi dans ces contrées pour teindre du coton, il fut découvert de semblables coquillages, en 1686, sur les côtes d'Angleterre, et depuis on en rencontra une espèce aux Antilles. Réaumur a fait plusieurs expériences sur les buccins trouvés par lui sur les côtes du Poitou. Duhamel en a fait aussi sur le suc colorant du coquillage qui doit porter le nom de pourpre, et qu'il a trouvé en abondance sur les côtes de Provence. Il a observé, ainsi que Réaumur l'avait déjà remarqué dans le suc colorant du buccin, que ce suc, d'abord blanc, prend une couleur vert jaunâtre, qui se fonce en tirant au bleu ; qu'enfin on le voit rougir, et qu'en moins de vingt minutes il devient d'une couleur pourpre très-vive et très-foncée ; or, la couleur pourpre des anciens avait ces caractères.

« Si nous négligeons de nous procurer la pourpre des anciens, si l'on n'a pas cherché à tirer parti des expériences que quelques modernes ont faites avec succès à cet égard, c'est que l'art de la teinture nous a enrichis de couleurs plus belles et moins chères. Il est vrai que la découverte du nouveau monde nous a procuré la connaissance de plusieurs substances tinctoriales, telles que la cochenille, le bois de Brésil, le campêche, le rocou ; mais c'est à l'art de préparer l'alun et la dissolution d'étain, qui ravivent un grand nombre de substances colorantes et les font briller d'un nouvel éclat, que nous devons surtout la supériorité de nos teintures.

« La découverte de l'orseille fut faite par hasard vers l'an 1300, par un négociant de Florence : ayant remarqué que l'urine donnait une belle couleur à une espèce de mousse, il fit des essais, et apprit à préparer l'orseille. Il tint pendant longtemps cette découverte secrète.

« Les arts continuèrent à être cultivés en Italie avec succès. En 1429 parut à Venise le premier recueil des procédés employés dans les teintures, sous le nom de *Maraviglia dell' arte dei tintori*, dont il se fit une nouvelle édition en 1510. Un certain *Giovan Venture Rosetti* ayant voyagé dans les différentes parties de l'Italie et des pays voisins où les arts avaient commencé à renaître, pour s'instruire des procédés qu'on y suivait

dans les ateliers de teinture, donna, sous le nom de *Plictho*, un recueil qui, selon Bischoff, est le premier où l'on ait rapproché les différents procédés de teinture, et qui doit être regardé comme le premier mobile de la perfection à laquelle a été porté depuis l'art de la teinture, devenu maintenant un art chimique; mais comme dans *Plictho* il n'est parlé ni de la cochenille ni de l'indigo, il paraît probable que ces deux substances colorantes n'étaient pas encore en usage en Italie. Cependant l'Italie, et particulièrement Venise, posséda presque exclusivement cet art des teintures, qui contribuait à la prospérité de ses manufactures et de son commerce, et qui ne s'introduisit en France que plus tard et peu à peu. Gilles Gobelin établit un atelier de teinture dans le lieu qui porte encore actuellement son nom. On regarda cette entreprise comme tellement téméraire, qu'on donna à l'établissement le nom de *Folie Gobelin*, et le succès qu'elle eut fut un grand sujet d'étonnement et d'émulation pour nos aïeux.

« La découverte de la teinture en écarlate doit faire époque dans l'art de la teinture, non-seulement par l'éclat qui caractérise cette belle couleur, mais encore par celui que l'on procure, au moyen du même procédé, à plusieurs autres couleurs.

« La cochenille était connue depuis peu de temps en Europe, lorsque l'on découvrit le procédé de l'écarlate par la dissolution d'étain. On raconte qu'en 1630, Corneil Debbrel observa, par un mélange accidentel, l'éclat donné par la dissolution d'étain à l'infusion de cochenille.

« L'usage de l'indigo, cette précieuse acquisition pour la teinture, fut d'abord proscrit en Angleterre sous le règne d'Elisabeth, et depuis en Saxe; ce ne fut qu'avec beaucoup de peine que l'on parvint à l'établir, tant l'industrie s'affranchit difficilement des entraves du pouvoir absolu. Enfin, l'administration chargée de la surveillance des arts et manufactures, s'occupant du soin de faire fleurir l'industrie française, eut recours aux moyens les plus sûrs et les plus efficaces pour y parvenir, ceux de répandre l'instruction et les lumières.

« Dufay, Hellot, Macquer, ont été successivement chargés de s'occuper de la perfection de l'art de la teinture, et leurs travaux ont puissamment contribué à ses progrès. Dufay fut le premier qui fit des recherches sur la nature des parties colorantes, et sur la force par laquelle elles adhèrent aux étoffes. Il examina quelques procédés, et il établit les épreuves les plus sûres que l'on put trouver alors pour déterminer d'une manière prompte et usuelle la bonté d'une couleur. Hellot publia une description méthodique des procédés que l'on exécute dans la teinture en laine; c'est peut-être encore le meilleur ouvrage qu'on ait sur cet objet. Macquer a décrit avec exactitude, dans un traité spécial, la teinture de la soie; il a fait connaître les combinaisons du principe colorant du bleu de Prusse; il a cherché à en appliquer l'usage à la teinture: il a donné un procédé pour communiquer à la soie des couleurs vives par le moyen de la cochenille.

« Toutes ces recherches contribuèrent efficacement aux progrès de l'art de la teinture en France. Anderson attribue à la perfection des teintures la supériorité que quelques manufactures françaises ont conservée sur celles des nations qui possèdent cependant les plus belles laines; et dans son *History of Commerce*, M. Home dit que c'est à l'Académie des Sciences que les Français doivent la supériorité qu'ils ont dans plusieurs arts, notamment dans celui de la teinture.

« Les chimistes français depuis ce temps, en contribuant puissamment aux progrès de la science générale de la chimie, ont fait faire un pas immense à l'art de la teinture; aussi les industriels de tous les pays rattacheront désormais avec reconnaissance à cet art important et qui exerce tant d'influence sur la prospérité du commerce, les noms depuis longtemps célèbres de Berthollet et Vauquelin, auxquels se joignent maintenant ceux de MM. Vitalis et Chevreul. »

Nous terminerons cet article par une note insérée au *Bulletin de la Société d'encouragement* (1849) sur de nouvelles machines employées dans la teinture (1). Ces machines ont été importées en France par M. Léveillé, elles fonctionnent dans son grand et bel établissement de teinture à Rouen. Elles sont au nombre de trois: la première est une dégorgeuse concentrique, la deuxième une dégorgeuse excentrique, la troisième une machine à tordre; toutes trois ont pour but le lavage et les manipulations que subissent les cotons en pente (ou écheveau) dans les diverses opérations de la teinture.

La teinture est un art mixte qui exige tout à la fois le concours de la mécanique et celui de la chimie: tel bain de teinture, quoique fort bien préparé, chimiquement parlant, ne produira que des nuances douteuses, marbrées, si les préparations qui ont précédé ce bain n'ont pas été bien faites; au nombre de ces préparations sont les lavages, opérations toutes mécaniques, et qui cependant exigent bien des précautions. On conçoit, en effet, que si une pente de coton (écheveau pesant 150 à 250 gram.) qui sort d'une préparation quelconque n'est pas uniformément lavée, si certaines parties retiennent encore plus de cette préparation que d'autres, lorsqu'on la plongera dans le bain où elle doit absorber la matière colorante ou le mordant, elle l'absorbera inégalement; de là de mauvais résultats. Or, comment se font ces lavages ordinairement? Sur le bord de la rivière sont enfoncés en terre un certain nombre de tonneaux défoncés par le bout supérieur; c'est dans ces tonneaux que les ouvriers se placent. Le coton à laver est déposé tout près de l'ouvrier: il le prend

(1) Cette note est de M. Bresson, ingénieur civil à Rouen.

pente à pente, le passe dans la rivière en l'agitant plus ou moins pour bien l'épurer de toutes les matières dont on veut le débarrasser; puis il remet la pente à côté de lui, en prend une autre, et ainsi de suite. On voit tout d'abord ce qu'une telle manipulation doit présenter d'irrégularité; certaines pentes seront lavées, dégorgées à fond, d'autres le seront moins; dans chaque pente, la partie que tenait l'ouvrier dans sa main n'a pu se dégorger aussi bien que le reste, ce à quoi il remédie le plus possible en la changeant de position; enfin, ce qui est plus grave, c'est que ce lavage, tout imparfait qu'il soit, est pénible, long, et dès lors coûteux.

Souvent, pour opérer un lavage plus complet, on place, à la suite les uns des autres, quatre, cinq, six et jusqu'à sept ouvriers qui se passent chaque pente de coton de main en main, après l'avoir agitée dans l'eau. Pour les lavages après le passage au chlore, ce mode est nécessairement suivi, et néanmoins il est rare qu'après cette manipulation l'odorat ne révèle pas encore la présence du chlore dans le coton, preuve évidente qu'il y a mieux à faire. C'est donc ce travail, coûteux et rarement parfait, que M. Léveillé confie à une machine dite *à dégorger*. Elle se compose de deux paires de cylindres horizontaux en bois, d'environ 0^{m}50 de longueur sur 0^{m}15 de diamètre; un bâti en fonte reçoit cette double paire de cylindres et leurs accessoires, ce qui forme deux machines symétriques ou jumelles qui sont placées sur le bord postérieur d'un pont en bois établi sur la rivière, et dont la partie antérieure est occupée par les ouvriers employés au lavage et leurs ustensiles de transport pour les cotons. Le pont est mobile, on le monte ou on le descend suivant que les eaux s'élèvent ou s'abaissent. Dans chaque machine, le cylindre inférieur a une de ses extrémités entièrement libre, sans cela on ne pourrait placer la pente de coton: l'arbre en fer qui le traverse et se confond avec son axe sort par l'autre extrémité; il porte deux gorges qui se logent dans des collets attachés au bâti; il est muni aussi d'un débrayage et d'une roue dentée pour commander le cylindre supérieur qui en porte une semblable. La distance de l'axe des cylindres inférieurs à la surface de l'eau est d'environ 0^{m}40, telle enfin qu'une pente de coton, assise sur le cylindre, trempe dans l'eau d'un tiers de sa hauteur. Les cylindres supérieurs sont également indépendants l'un de l'autre; chacun est monté sur un châssis en fonte qui se meut autour d'un axe en fer parallèle et postérieur à celui des cylindres, ce qui permet d'écarter à volonté chaque cylindre supérieur de l'inférieur. Un arrêt mobile sert à retenir le cylindre supérieur à une distance de 6 ou 7 centimètres pendant que l'on engage ou dégage la pente. Dans le travail, le cylindre supérieur pèse de tout son poids sur l'autre; cette pression est même augmentée d'une partie du poids du châssis, et on peut lui donner telle intensité que l'on veut. C'est le cylindre inférieur qui commande le cylindre supérieur, parceque c'est lui qui reçoit l'action du moteur, et que ces deux cylindres sont armés de roues d'engrenage égales, à dentures profondes, afin de rester engrenées, quelle que soit l'épaisseur de la pente de coton engagée entre les deux cylindres.

S'il n'en était pas ainsi, si le cylindre inférieur ne commandait le cylindre supérieur que par entraînement, par frottement, il pourrait y avoir glissement, et les cotons en souffriraient. Lorsqu'on place ainsi une pente de coton sur le cylindre inférieur, elle n'occupe d'abord qu'un très-petit espace en largeur, quelques centimètres seulement; mais à peine a-t-elle fait quelques tours, qu'elle s'est étendue en nappe mince sur toute la surface du cylindre sur laquelle elle roule, comme le ferait un tissu. Pour contenir cet élargissement qui porterait le coton au delà des extrémités des cylindres, des guides en fer rond sont placés un peu au-dessus de la surface de l'eau; ils maintiennent cette largeur dans des limites convenables. Dans quelques cas, on ajoute un compteur à sonnerie à chaque machine à dégorger; on le règle de manière à sonner après vingt, trente, quarante tours de cylindre, suivant que le genre de marchandise l'exige; de cette manière, l'ouvrier est averti quand il doit mettre une nouvelle pente au lavage. Ce mécanisme n'est pas utile dans la plupart des cas, l'ouvrier étant suffisamment prévenu que le lavage est parfait quand l'eau qui jaillit du coton est claire et limpide.

Pour son service ordinaire, M. Léveillé a placé sur le même pont et sur une seule ligne quatre de ces machines (deux machines doubles); il suffit de deux ouvriers pour les desservir, et quelquefois d'un seul. Les cotons à laver sont amenés sur le pont, derrière les ouvriers, au moyen de brancards. A mesure qu'une pente est lavée, l'ouvrier la jette sur un autre brancard; les hommes n'arrêtent point, et chaque machine n'arrête tout juste que le temps nécessaire à enlever la pente lavée et à en mettre une autre.

Il est facile de comprendre comment le lavage du coton se pratique dans ce cas: la machine est arrêtée, dès lors le cylindre supérieur est écarté de 6 à 7 centimètres du cylindre inférieur. L'ouvrier prend la pente, il l'ouvre et la place sur le cylindre inférieur qu'il met en mouvement au moyen de l'embrayage, puis il abaisse le cylindre supérieur et l'abandonne; la pente de coton baigne dans l'eau et s'y développe successivement par le mouvement des cylindres; l'eau en est continuellement expulsée par la pression du cylindre supérieur qui appuie dessus. Pendant que le lavage s'opère ainsi, l'ouvrier va faire la même opération sur la machine voisine, et il parvient à alimenter deux dégorgeurs, s'il s'agit d'un petit lavage, et quatre s'il s'agit d'un grand lavage,

parce que, dans ce dernier cas, le coton restant davantage sur la machine, l'ouvrier peut alimenter plus longtemps ces machines

Le lavage est d'une grande uniformité et aussi parfait qu'on le veut, puisqu'il suffit de laisser chaque pente un quart ou une demi-minute de plus pour obtenir toute la perfection désirable ; il n'y a plus à redouter l'inattention ou la paresse, ou bien encore la fatigue de l'ouvrier ; ce n'est pas lui qui fait le lavage, il le surveille seulement. En une heure un seul homme lave une *mise* de coton (115 à 120 kilog.) grand lavage ; en trois quarts d'heure deux hommes lavent une *mise* petit lavage, ce qui, pour être moins bien fait à la main, aurait exigé le travail de six hommes pendant une heure et demie ; un homme fait donc le travail de six dans ce cas.

Pour toutes les opérations dans lesquelles il n'y a qu'à se débarrasser d'un liquide, cette dégorgeuse concentrique est excellente. Je l'appelle concentrique par opposition à la suivante dans laquelle le cylindre a un mouvement excentrique ; mais s'il faut purger le coton de matières solides, en poudre, en copeaux minces, etc., comme il arrive lorsqu'il sort d'un bain de garance, où la matière tinctoriale en poudre, le liquide et le coton sont mêlés ensemble dans la même chaudière, alors la dégorgeuse que nous avons décrite ne pourrait servir ; la pression du cylindre supérieur rendrait les matières étrangères au coton plus adhérentes. Il faut enfin une autre machine, dans laquelle le mouvement de la main de l'homme, qui secoue la pente dans l'eau, soit imité. C'est ce qui a été réalisé par la dégorgeuse excentrique. Elle consiste en un cylindre horizontal en bois d'environ 0m35 de longueur et 0m25 de diamètre, dont l'axe de mouvement (arbre en fer) est parallèle, mais ne se confond pas avec l'axe de figure ; il en résulte que ce cylindre sautille au lieu de tourner sur lui-même ; la pente de coton placée dessus, et qui trempe en même temps dans la rivière, se développe successivement sur la surface du cylindre, et subit un mouvement saccadé qui l'ouvre et la débarrasse des impuretés qu'elle contient.

Plus le mouvement de rotation du cylindre est rapide, plus la secousse qu'il donne au coton est vive, ce qui fournit un moyen d'augmenter à volonté l'action de la machine. Quant à la disposition générale et au service, ils sont les mêmes que pour les dégorgeuses concentriques; deux machines jumelles, soit quatre cylindres, sont établies dans des bâtis en fonte sur le bord postérieur d'un pont dont la partie antérieure est occupée par les ouvriers et les agrès du service ; deux hommes suffisent au travail de cet assortiment.

M. Léveillé a encore introduit en France une troisième machine qui est un complément nécessaire aux opérations mécaniques de la teinture que nous venons de décrire ; c'est une machine à tordre les pentes de coton, c'est-à-dire une machine à expulser le liquide qu'elles peuvent contenir, soit en sortant de telle ou telle opération, soit en sortant du rinçage. Cette opération se fait ordinairement à la main ; l'ouvrier place la pente à tordre sur un crochet en fer rond fixé à la hauteur de sa tête dans un poteau vertical, puis la laissant pendre, il passe dans la partie inférieure un fort bâton de 39 à 40 centimètres de longueur en lui faisant faire trois, quatre ou cinq tours, il tord ainsi cette pente dont le liquide est expulsé. Pour que l'extraction soit plus complète et plus uniforme, l'ouvrier recommence la manœuvre sur la même pente une deuxième fois, mais après avoir fait glisser la pente sur le crochet, afin que la torsion s'opère sur d'autres points. Cette opération n'est ni longue ni difficile, seulement il n'est pas aisé d'obtenir un degré uniforme de torsion, et dès lors d'extraction pour toutes les pentes ; puis il pourrait arriver qu'un ouvrier brutal tordît avec trop de force et altérât ainsi les cotons.

C'est dans ces limites qu'il faut regarder la machine à tordre comme utile. Elle se compose de deux forts crochets en fer rond ou en cuivre, disposés horizontalement en face l'un de l'autre. Le premier a un mouvement de rotation qui lui est transmis par une courroie passée sur la poulie que porte la tige de ce crochet ; l'autre n'a point de mouvement de rotation; mais il glisse parallèlement à lui-même dans une boîte cylindrique, et peut ainsi avancer vers le premier crochet ou s'en éloigner. La machine est réglée de telle sorte que, une fois que ce deuxième crochet est amené à une certaine distance du premier, un petit butoir soulève un déclanchement qui fait passer la courroie sur la poulie folle, ce qui produit la suspension du mouvement. Tout cela est monté sur un bâti en fonte dont la partie moyenne et inférieure est occupée par une bassine en zinc pour recevoir le liquide extrait des pentes par la torsion. La manœuvre se fait de la manière suivante : l'ouvrier passe une des extrémités de la pente à tordre dans le crochet fixe, puis son autre extrémité dans le crochet mobile qui doit être à une distance telle que la pente, ainsi placée, soit légèrement tendue : alors l'ouvrier fait passer la courroie sur la poulie de commande ; aussitôt le premier crochet fait quelques tours et tord la pente. Mais il ne peut en être ainsi sans que cette pente se raccourcisse; dès lors le deuxième crochet, qui n'est retenu dans sa boîte que par un contre-poids suspendu à une corde, avance toujours à mesure que la torsion a lieu; mais bientôt le butoir soulève le déclanchement, et la machine s'arrête. L'ouvrier détord la pente, l'enlève, en met une autre, et ainsi de suite tant qu'il y en a à tordre. Cette manipulation est pour le moins aussi longue, et plus peut-être que la torsion à la main, mais elle est plus régulière; toutes les pentes sont également tordues, et la torsion ne peut dépasser le terme qui convient.

Les machines à dégorger sont susceptibles

d'une foule d'applications avantageuses en teinture. C'est ainsi que M. Léveillé emploie la dégorgeuse concentrique pour le passage des cotons à l'huile, préparation que doivent subir tous les cotons pour la teinture grand teint (rouges, brunes, lilas, etc.); je dis à l'huile et au bain blanc, pour me conformer à l'usage, car le bain dans lequel on passe ainsi les cotons est un mélange d'huile et d'une dissolution aqueuse de carbonate de soude, c'est-à-dire que c'est un véritable savon liquide non encore complétement formé.

Ce travail se faisait autrefois à la main; l'ouvrier malaxait le coton dans une terrine contenant le bain d'huile et d'alcali, un autre le tordait, et ainsi de suite jusqu'à la fin. C'était long et pénible, les cotons se trouvaient fatigués et rarement ils étaient bien uniformément atteints.

Si l'on considère que ces passages au bain d'huile se répètent sans autre interruption qu'un passage à l'air et jusqu'à huit et dix fois, selon qu'on veut obtenir des nuances plus ou moins intenses, plus ou moins solides, on conçoit que cette manipulation doit être fort coûteuse, et qu'il est bien important de la faire mécaniquement. Ayant une machine à dégorger double dans un seul bâti, et au-dessous de chaque paire de cylindres une bassine en zinc dans laquelle on met le bain d'huile et d'alcali, on place la pente sur le cylindre inférieur, elle trempe dans le bain, et on met la machine en mouvement; en moins d'une minute le coton est infiniment mieux imprégné, pénétré du liquide savonneux, qu'il ne peut l'être par le travail à la main. Un autre avantage fort important qui résulte de l'emploi de ce procédé mécanique, c'est l'économie d'huile. M. Léveillé affirme qu'avec 60 kilogrammes d'huile il fait autant qu'avec 100 kilogrammes, ce qu'il faut attribuer à ce que cette huile, étant mieux battue, infiniment plus divisée, se trouve plus utilement employée: l'action mécanique facilite l'action chimique en augmentant les contacts; il y a donc tout à la fois économie de matières et perfectionnement des résultats.

Ces machines, si simples, si légères, si peu coûteuses, ont été inventées par M. *Prévinaire*, manufacturier à Harlem, en Hollande.

TÉLÉGRAPHIE. — L'idée de communiquer à de grandes distances a été connue et pratiquée des anciens. Dès la plus haute antiquité les Indiens se servaient des feux artificiels pour signaux. Ces procédés, perdus dans la suite des temps, ont été retrouvés depuis. Nous donnerons un bref exposé de la composition de ces feux, connus sous le nom de *feux blancs des Indiens*.

Feu blanc Indien. — Ce feu consiste en une poudre dont la composition a été tenue secrète jusqu'ici, parce que les Anglais, qui la connaissaient, en ont fait un objet de commerce, et la vendaient dans des boîtes en bois aux astronomes français, qui en faisaient des signaux, etc. Le feu d'une boîte de dix pouces de diamètre et de quatre pouces de hauteur se voit à une distance de quarante milles en mer, pendant un temps couvert et nébuleux, à la vue simple et sans télescope. Voici quelle en est la préparation. On pulvérise et on mêle bien ensemble vingt-quatre parties de salpêtre, sept parties de fleur de soufre, et deux parties d'arsenic soufré; ce mélange est renfermé dans des boîtes rondes ou carrées, fermées d'un couvercle du même bois, dans le milieu duquel on pratique une petite ouverture pour allumer la poudre. Pour transporter ces boîtes, on les colle tout autour, de même que l'ouverture du couvercle, avec du papier, pour que la poudre ne puisse se disperser; si ensuite on veut allumer une pareille boîte, on coupe d'abord le papier qui couvre la jointure du couvercle, et l'on ouvre également l'ouverture du milieu; par cette ouverture on allume la poudre avec une mèche ordinaire; la poudre s'enflamme tout à la fois sans explosion. Elle répand une lumière très-brillante avec un peu de fumée, qui oblige celui qui l'allume à se mettre au vent, pour éviter les vapeurs arsenicales. Une boîte de six pouces de diamètre et de trois pouces de hauteur brûle à peu près l'espace de trois minutes, et l'on en peut apercevoir la lumière, peu avant le coucher du soleil, à une distance de trente-six mille toises. La lumière de ce feu est d'un éclat tellement brillant, qu'il blesse les yeux de ceux qui s'en approchent beaucoup, au point qu'il les rend, quelque temps incapables de distinguer les objets, et qu'ils éprouvent les mêmes effets qu'on ressent après avoir regardé le soleil. Le prix de cette poudre est à peu près égal à celui de la poudre de canon ordinaire. Quant aux mèches, voici la manière de les préparer: On pulvérise quatre parties de salpêtre raffiné, deux parties de poudre à canon, deux parties de charbon et une partie de fleur de soufre; et, après avoir bien mêlé le tout, on le passe au tamis. Cette poudre est mise dans des cartouches de papier de la longueur d'un tuyau de plume; on ferme ces cartouches d'un papier collé fort, roulé autour d'un bâton de la longueur d'un jusqu'à deux pieds. La poudre est foulée au moyen d'un morceau de bois d'égale dimension; on attache ces mèches à un bâton de longueur convenable; on coupe avec des ciseaux le bord du papier, et l'on allume la mèche au moyen d'une chandelle ou de charbons ardents. L'effet ne manque jamais, et les mèches résistent au vent et à la pluie. Lorsqu'on veut les éteindre, il faut couper avec des ciseaux la partie enflammée. L'auteur, artificier à Marseille, propose pour ces mèches un mélange de huit parties de fleur de soufre, quatre parties de salpêtre, et deux parties de poudre à canon, le tout réduit en poussière fine et bien mêlé ensemble. (*Annales des Arts et Manufactures*, tome XL, page 312.)

Revenons maintenant à la TÉLÉGRAPHIE proprement dite. Cette importante invention, qui est appelée à faire en quelque sorte une révolution dans les relations politiques et commerciales, doit être exposée ici avec

tous les détails que son importance exige. Nous ne pouvons rien faire de mieux que de suivre l'excellent travail de M. Figuier, dont nous recommandons l'ouvrage à nos lecteurs. Nous laissons parler M. Figuier.

« La télégraphie électrique, dont la réalisation parfaite ne date que de quelques années, est cependant d'une origine ancienne; il y a tout juste un siècle que les premiers essais de ce genre furent exécutés. L'idée d'appliquer l'électricité à la transmission des signaux est en effet si simple, qu'elle vint naturellement à l'esprit des physiciens qui observèrent les premiers la rapidité prodigieuse avec laquelle le fluide électrique circule dans ses conducteurs. Mais pour plier aisément l'électricité aux exigences infinies des communications télégraphiques, il aurait été nécessaire de posséder une connaissance approfondie des propriétés de ce fluide. Or, pendant toute la durée du XVIIIe siècle, l'électricité ne fut que très-imparfaitement connue. Aussi, bien des tentatives, bien des essais inutiles furent-ils réalisés à cette époque; l'idée de la télégraphie électrique fut dans cet intervalle cent fois abandonnée et reprise. D'ailleurs, en même temps que les physiciens s'efforçaient d'appliquer l'agent électrique à la transmission de la pensée, d'autres savants cherchaient la solution du même problème dans l'emploi de moyens en apparence plus simples. Un grand nombre de mécaniciens s'occupaient d'établir un système rapide et régulier de correspondance, en combinant divers signaux formés dans l'espace et visibles à des distances éloignées. Les difficultés sans cesse renaissantes que l'on rencontrait dans le maniement pratique de l'électricité encourageaient naturellement les efforts des partisans de la télégraphie aérienne. Enfin, dans les dernières années du siècle, la persévérance et le génie d'un mécanicien français mirent un terme à ces luttes. La découverte du télégraphe de Chappe, qui remplit d'une manière si remarquable les conditions les plus variées et les plus difficiles de l'art, consacra le triomphe de la télégraphie aérienne. C'est alors que fut adopté et établi le système de télégraphes aériens qui couvrent aujourd'hui de leur réseau la surface de la France et des grands États de l'Europe.

« Cependant, depuis cette époque, la physique s'est enrichie d'admirables conquêtes; l'électricité a révélé à nos savants des propriétés inattendues. Ces caractères, ces aptitudes nouvelles, si heureusement découverts dans l'agent électrique, ont permis de le manier et de l'assouplir comme le plus docile de nos instruments. Dès lors la télégraphie électrique a pu regagner le terrain qu'elle avait perdu, elle n'a pas tardé à mettre en évidence son incontestable supériorité sur la télégraphie aérienne, et partout aujourd'hui elle tend à se substituer à sa rivale. Il sera donc nécessaire de comprendre ici, dans la même étude, l'histoire de ces deux inventions. Elles ont marché simultanément, s'atteignant, se dépassant entre elles au milieu des fortunes les plus diverses, s'empruntant mutuellement le secours de leurs méthodes, se disputant à des titres divers le succès et la faveur publique. Leur marche, leurs progrès, leurs perfectionnements successifs sont si étroitement unis, qu'à les disjoindre, à les considérer isolément, on courrait le risque d'être inexact ou inintelligible.

« *Premiers essais de télégraphie. — Amontons. — Guillaume Marcel. — Télégraphe acoustique de dom Gauthey* — Les premiers essais sérieux de télégraphie ne datent que de la fin du XVIIe siècle. Chez tous les peuples et dans tous les temps on a employé, il est vrai, divers systèmes de signaux destinés à transmettre rapidement des avis d'un point à un autre; mais ces moyens, imparfaits et grossiers, n'offraient aucune combinaison possible, ou du moins suffisante, pour exprimer plus de trois ou quatre pensées bien déterminées d'avance. L'art des signaux, que l'on rencontre à divers degrés de perfectionnement chez toutes les nations civilisées, ne pouvait en effet se développer et s'étendre que par les progrès de l'optique. Pour écrire de loin, il faut voir de loin: la découverte des lunettes d'approche et des télescopes pouvait donc seule permettre de créer la télégraphie.

« C'est à un physicien français, *Guillaume Amontons*, que revient l'honneur d'avoir appliqué le premier les instruments d'optique à l'observation des signaux aériens. Dans l'*Eloge d'Amontons*, Fontenelle a décrit son invention avec assez d'exactitude : *Peut-être*, dit Fontenelle, *ne prendra-t-on que pour un jeu d'esprit, mais du moins très-ingénieux, un moyen qu'il inventa de faire savoir tout ce qu'on voudrait à une très-grande distance, par exemple de Paris à Rome, en très-peu de temps, comme en trois ou quatre heures, et même sans que la nouvelle fût sue dans tout l'espace d'entre-deux. Cette proposition, si paradoxe et si chimérique en apparence, fut exécutée dans une petite étendue de pays, une fois en présence de Monseigneur et une autre fois en présence de Madame. Le secret consistait à disposer dans plusieurs postes consécutifs des gens qui, par des lunettes de longue-vue, ayant aperçu certains signaux du poste précédent, les transmissent au suivant, et toujours ainsi de suite, et ces différents signaux étaient autant de lettres d'un alphabet dont on n'avait le chiffre qu'à Paris et à Rome. La plus grande portée des lunettes faisait la distance des postes, dont le nombre devait être le moindre qu'il fût possible; et comme le second poste faisait des signaux au troisième à mesure qu'il les voyait faire au premier, la nouvelle se trouvait portée de Paris à Rome presque en aussi peu de temps qu'il en fallait pour faire les signaux à Paris.*

« Amontons était un des physiciens les plus habiles du XVIIe siècle. Ses travaux sur le thermomètre à air, sur le baromètre conique et sur l'hygrométrie ont exercé sur les progrès de la physique naissante une

influence manifeste. Il était né inventeur. Mais, s'il avait le génie qui dicte les découvertes, il était loin de réunir les qualités d'esprit qui font le succès et la fortune des inventions. Hors de ses livres et de ses machines, c'était l'homme le plus gauche et le plus ennuyeux du monde. Ajoutez qu'il était sourd. Il ne voulut jamais essayer de guérir sa surdité; *il se trouvait bien*, dit Fontenelle, *de ce redoublement d'attention et de recueillement qu'elle lui procurait, semblable en quelque chose à cet ancien que l'on dit qui se creva les yeux pour n'être pas distrait dans ses méditations philosophiques.* Ceci était admirable pour faire des découvertes, mais fort peu propre à en assurer le retentissement au dehors. Aussi est-il probable que la machine à signaux qu'il imagina vers 1690 serait restée à jamais inconnue, si le hasard ne s'en était mêlé.

« Mademoiselle Chouin, maîtresse du premier dauphin, fils de Louis XIV, entendit parler à Versailles de la découverte d'Amontons. En sa qualité de favorite, mademoiselle Chouin avait ses caprices ; elle eut la fantaisie de voir fonctionner la machine du savant. Mais mademoiselle Chouin avait d'autres qualités: elle avait du cœur; elle s'intéressa à la fortune du pauvre inventeur ignoré; elle ne manquait pas d'ailleurs d'un certain esprit d'intrigue, ce qui fit qu'en dépit de l'indolence et de l'apathie du dauphin, elle obtint de lui la promesse d'une expérience publique. L'expérience eut lieu dans le jardin du Luxembourg; mais elle tourna fort mal. La présence du dauphin, les brillants costumes des seigneurs qui l'entouraient, tout cet étalage solennel et insusité troublèrent le savant. Sa surdité augmentait sa confusion. Il manœuvra tout de travers et ne put transmettre aucun signal ; le prince se mit à bâiller, et tous les courtisans de l'imiter. La séance se termina sur cette triste impression. Cependant mademoiselle Chouin ne se découragea pas : elle obtint une seconde épreuve, qui se fit en présence de la dauphine. Cette fois les choses marchèrent mieux; mais tout le crédit de la favorite ne put aller plus loin. Que pouvait-elle obtenir de plus de la nullité d'un prince qui, au rapport de Saint-Simon, depuis qu'il était sorti des mains de ses précepteurs, *n'avait de sa vie lu que l'article* Paris, *dans la Gazette de France, pour y voir les mariages et les morts?* Amontons, découragé, abandonna sa découverte. Il se consola de cet échec en prenant place, quelques années plus tard, sur les bancs de l'Académie des sciences.

« On a beaucoup vanté les encouragements et les honneurs qui furent accordés sous Louis XIV aux lettres et aux beaux-arts. Il faudrait ajouter, pour tout dire, que les sciences ne participaient guère à ces hautes faveurs. Quand Louis XIV eut fondé l'Académie, lorsqu'il l'eut installée au Louvre, et qu'il eut ainsi fait aux académiciens la politesse royale de les recevoir chez lui, il se crut suffisamment acquitté envers la science. Cinq ou six pensions accordées à quelques savants bien en cour, adulateurs émérites, de la trempe de Fontenelle ou de Fagon, en de rares occasions, quelques visites solennelles aux académiciens assemblés, voilà à peu près à quoi se réduisit la protection du grand roi. On cesse d'être surpris de la lenteur qu'a présentée, au XVIII[e] siècle, le développement des sciences, quand on songe qu'elles avaient Fontenelle pour interprète et Louis XIV pour protecteur. On vient de voir comment fut accueillie l'idée d'Amontons, qui renfermait le germe de la télégraphie moderne ; quelques années après, un autre inventeur se présenta avec la même découverte, et il ne fut pas mieux traité. Cet autre inventeur s'appelait Guillaume Marcel ; il occupait à Arles la place de commissaire de marine. Après plusieurs années de recherches, il était parvenu à construire une machine qui transmettait des avis dans l'intervalle de temps qu'il aurait fallu pour les écrire. Les expériences faites à Arles, et dont le procès-verbal existe encore, ne laissent aucun doute à cet égard. Les mouvements de la machine s'exécutaient, dit-on, avec une rapité égale à la pensée. En outre, l'appareil fonctionnait de nuit aussi bien que de jour ; il présentait donc le phénix tant cherché de la télégraphie nocturne. L'inventeur se refusa à publier sa découverte; il voulut d'abord la mettre sous l'invocation et la protection de Louis XIV. Marcel avait déjà servi, quoique indirectement, le grand roi. Avocat au conseil, il avait suivi M. Girardin à l'ambassade de Constantinople; nommé ensuite commissaire près du dey d'Alger, il y conclut le traité de 1677, qui rétablit nos relations commerciales dans le Levant. C'est en récompense de ses services qu'il avait obtenu la place de commissaire de la marine, à Arles. Il voulut donc présenter au roi l'hommage et les prémices de son invention : il lui adressa un mémoire descriptif avec les desseins de son appareil ; il ne demandait rien d'ailleurs, et sollicitait seulement le transport de sa machine à Paris. Ce mémoire resta sans réponse ; le roi était vieux, il commençait à négliger pour les choses du ciel son royaume terrestre. Marcel écrivit lettres sur lettres aux ministres ; mais Colbert n'était plus là, il n'y avait plus que Chamillard, et le pauvre homme avait assez à faire avec la coalition européenne à combattre et madame de Maintenon à ménager. Marcel attendit longtemps. Enfin un jour, fatigué d'attendre et dans un moment de désespoir, il brisa sa machine et jeta au feu ses dessins. A quelques années de là il mourut, emportant son secret. Il ne laissa ni plan, ni description de ses instruments, et l'on ne trouva dans ses papiers que son *Livre des signaux* (*Citatæ per aera decursiones*), dont sa femme et un de ses amis avaient seuls la clef. Le nom de Guillaume Marcel est à peu près oublié aujourd'hui, ou du moins il n'est resté attaché qu'à quelques ouvrages qu'il a laissés, concernant l'histoire sacrée et profane et la chronologie. C'était

le premier chronologiste de son siècle. Il réunissait, en effet, toutes les qualités de l'état; sa mémoire tenait du prodige. Le *Journal des savants* de 1678 (où il est désigné, par erreur typographique, sous le nom de Marcet) nous apprend qu'il *faisait faire l'exercice à un bataillon, nommant tous les soldats par le nom qu'ils avaient pris en défilant une fois devant lui*, et qu'il exécutait de mémoire une opération d'arithmétique, fût-elle de trente figures. On ajoute qu'il dictait à la fois à plusieurs personnes en six ou sept langues différentes.

« L'histoire des premiers essais de la télégraphie nous amène à dire quelques mots des expériences de télégraphie acoustique, faites en France vers la fin du siècle dernier.

« Le 1er juin 1782, l'Académie des sciences tenait sa séance au Louvre, lorsque l'on vit entrer, conduit par Condorcet, un moine revêtu de la robe des Bénédictins; c'était dom Gauthey, religieux de l'abbaye de Cîteaux. Dans les loisirs du cloître, il avait imaginé un moyen de correspondance entre les lieux éloignés, et il venait en faire l'exposition devant l'Académie. Dom Gauthey avait vingt-cinq ans à peine; il était d'une taille élevée, et son visage était empreint d'une douceur et d'un charme inexprimables. Quand il prit la parole pour faire connaître les principes de son invention, son élocution contenue et grave produisit sur la docte assemblée l'effet le plus heureux. Son succès fut complet; il dépassa bientôt les limites de l'enceinte académique. Pendant quelques jours, le jeune bénédictin fut le héros de la cour et de la ville. Condorcet écrivit à ce sujet un rapport plein d'éloges, et Louis XVI s'empressa d'ordonner l'essai public du système de dom Gauthey. Ce système consistait à établir, entre des postes successifs, des tubes métalliques d'une très-grande longueur, à travers lesquels la voix se propageait sans perdre sensiblement de son intensité. Dom Gauthey affirmait pouvoir transmettre ainsi, dans une heure, un avis à deux cents lieues de distance.

« Les expériences ordonnées par Louis XVI eurent lieu dans un des tuyaux qui conduisent l'eau à la pompe de Chaillot, sur une longueur de huit cent mètres. Elles ne laissèrent aucun doute sur la vérité des assertions de dom Gauthey. A la suite de ce premier essai, l'inventeur demanda l'épreuve de son système acoustique sur une échelle plus étendue. Il proposa de poser des tubes enchâssés les uns dans les autres de manière à former un tuyau non interrompu; il prétendait avec trois cents tuyaux de mille toises chacun pouvoir faire passer en cinquante minutes les dépêches à cent cinquante lieues de distance. Cependant cette expérience fut jugée ruineuse, et la munificence royale recula devant les dépenses qu'elle devait entraîner. Dom Gauthey se tourna alors d'un autre côté; il ouvrit une souscription, mais elle fut insuffisante pour couvrir les frais probables de l'entreprise. L'engouement du public avait disparu. Dans cette société frivole, les impressions se formaient et s'effaçaient avec la même promptitude; le caprice d'un jour avait élevé la fortune du jeune bénédictin, elle s'envola au premier souffle contraire. Au bout de six mois, dom Gauthey était si parfaitement oublié, qu'il ne put trouver en France un imprimeur qui consentît à publier, même à prix d'argent, l'exposé de son système. En désespoir de cause, le pauvre inventeur s'embarqua l'année suivante pour l'Amérique; il y fit connaître sa découverte et demanda des souscriptions. Mais il ne put trouver qu'un imprimeur qui voulût bien publier *son Prospectus*, qui parut à Philadelphie en 1783.

« Les idées de dom Gauthey étaient cependant beaucoup plus rationnelles et plus pratiques qu'on ne le penserait peut-être au premier aperçu. Rien n'indique dans la théorie mathématique du mouvement de l'air, que le son doive s'affaiblir en parcourant de longs tuyaux, et il est probable que les expériences de dom Gauthey, reprises d'une manière sérieuse, amèneraient d'utiles résultats. Le son parcourt trois cent quarante mètres par seconde, ou trois cent six lieues par heure; on conçoit donc que s'il peut se transmettre sans s'altérer dans des tuyaux cylindriques, on pourrait obtenir, en disposant un certain nombre de postes aux distances convenables, un moyen de correspondance qui ne serait pas sans valeur. Non-seulement, en effet, les tubes propagent très-bien le son, mais ils en accroissent singulièrement la puissance. Un coup de pistolet tiré à l'une des extrémités d'un tube fait entendre à l'autre extrémité le bruit du canon. M. Jobard a reconnu que le mouvement d'une montre, qui n'est pas sensible à la distance de seize centimètres, s'entend très-bien au bout d'un tuyau métallique de seize mètres, sans que la montre touche le métal et même lorsqu'elle en est éloignée de plusieurs pieds. Dom Gauthey avait déjà reconnu le même fait avec un tuyau de cent dix pieds. MM. Biot et Hassenfratz ont fait des expériences plus décisives encore et qui confirment parfaitement les faits avancés par le moine de Cîteaux. Ils ont reconnu qu'à travers des tubes souterrains la voix se propage sans rien perdre de son intensité à un kilomètre de distance (1). Le son peut

(1) Ces curieuses expériences ont été faites à l'aide des tubes cylindriques qui servent à l'écoulement souterrain des eaux de Paris. Au moyen de ces tubes, M. Biot put soutenir une conversation à voix basse avec une personne placée à près d'un kilomètre de distance; ni lui ni son interlocuteur n'eurent besoin de poser l'oreille sur le tuyau, tant la perception était aisée. Les sons leur parvenaient dans toute leur pureté; on les entendait même deux fois très-distinctement: une fois dans le tube, une autre fois à travers l'air extérieur.

« Les mots, dits aussi bas que lorsqu'on parle en « secret à l'oreille, étaient reçus et appréciés. Des « coups de pistolet, tirés à l'une des extrémités, oc« casionnaient à l'autre une explosion considéra« ble; l'air était chassé du tuyau avec assez de force

d'ailleurs se transporter à des distances considérables sans l'intermédiaire d'aucun conducteur. Le docteur Arnoldt raconte que pendant son retour d'Amérique en Europe à bord du paquebot, tout à coup un matelot s'écria qu'il entendait le son des cloches. Ceci fit beaucoup rire l'équipage ; on était à cent lieues de la côte. Cependant le docteur prit la chose au sérieux. Il remarqua qu'il régnait une brise de terre assez forte et que dans ce moment la voile du vaisseau était concave. Il se plaça au foyer de la voile et entendit parfaitement la volée des cloches. Il tint note du jour et de l'heure. Six mois après, de retour en Amérique, il apprit qu'au jour et à l'heure qu'il avait notés, il y avait eu à Rio-Janeiro un branlebas des cloches à l'occasion de la fête de la ville. Un autre jour, le docteur Arnold, se trouvant sur le bord d'un lac de sept lieues de large, entendit d'une rive à l'autre le cri des marchands d'huîtres et le bruit des rames. Au rapport de Franklin, des globes de feu formés par des météores à plus d'une lieue d'élévation dans les airs produisent, en éclatant à cette hauteur, un bruit que l'on entend sur la terre vingt-cinq lieues à la ronde (1). Le traducteur de Franklin ajoute qu'il a entendu à Paris des coups de canon tirés à Lille.

« C'est d'après tous ces faits que quelques personnes ont cru à la possibilité d'établir des télégraphes par le langage parlé. Il serait facile, selon le docteur Arnoldt, de créer un service télégraphique fondé sur ces principes. Tout l'appareil consisterait en une sorte de miroir métallique concave placé sur une éminence à l'une des extrémités de la ligne ; puis à quelques lieues de là, à l'autre extrémité de la ligne, un porte-voix parabolique serait dirigé vers cette surface. On recueillerait les sons envoyés par le porte-voix en se plaçant au foyer du miroir. Ce serait là évidemment un moyen de correspondance fort peu dispendieux. Malheureusement la démonstration pratique a manqué jusqu'ici au système proposé par le docteur Arnoldt.

« Le désir de justifier les idées de dom Gauthey, à peu près oubliées aujourd'hui, nous a entraîné à une digression un peu longue. Revenons à la série des essais télégraphiques.

« *Première application de l'électricité à la transmission des signaux. — Lesage. — Lomond. — Reiser. — Bétancourt. — François Salva. — Retour à la télégraphie aérienne. — Linguet. — Dupuis. — Bergstrasser.* — La découverte des phénomènes généraux de l'électricité vint bientôt changer la direction des essais entrepris jusqu'à cette époque pour la création ou le perfectionnement de l'art des signaux.

« Les phénomènes de l'électricité statique ne sont connus que depuis le milieu du siècle dernier. C'est vers l'année 1750 que Grey en Angleterre et Dufay en France découvrirent les premiers les faits qui devaient servir de base à toute une science nouvelle. L'observation du transport à distance de l'électricité, celle des corps conducteurs et non conducteurs, les curieuses propriétés de l'étincelle électrique, tous ces faits si remarquables et si nouveaux avaient excité au plus haut degré l'attention des savants. Les découvertes arrivaient de tous les côtés. Mussenbroëk construisait la bouteille de Leyde ; Lemonnier observait les singuliers effets de l'électricité statique sur le corps de l'homme et des animaux, Franklin essayait d'apprécier la vitesse de transmission de l'électricité, et il voyait avec un étonnement profond ce fluide franchir, dans un temps inappréciable, la distance de deux lieues. Peu de temps après, il découvrait au sein de l'atmosphère la présence de l'électricité libre ; préludant à la plus éclatante des découvertes humaines, il s'apprêtait à aller conjurer au sein des nuées orageuses les terribles effets de l'électricité météorique. Au milieu de cet élan général vers l'étude des phénomènes électriques, il était impossible que l'idée si élémentaire et si simple d'appliquer l'électricité à la transmission des signaux ne vînt pas à se produire. Dès l'année 1750, on avait, dit-on, conçu, en Angleterre, l'idée d'un télégraphe mis en action par l'électricité ; cependant ce projet resta sans exécution. L'honneur d'avoir réalisé pour la première fois cette belle application des phénomènes électriques ap-

« pour jeter, à plus d'un demi-mètre, des corps légers, et pour éteindre des lumières... Enfin, ajoutent les auteurs de cette expérience, le seul moyen « de ne pas être entendu à cette distance eût été de « ne pas parler du tout. » (*Mémoires de la Société d'Arcueil*, t. II.)

M. Jobard a répété et a beaucoup étendu ces expériences. Il fit placer 600 pieds de tubes de zinc de 3 pouces de diamètre dans un vaste atelier. Ces tubes, dont les diverses portions étaient mal jointes, formaient entre eux onze coudes à angle droit; ils montaient et descendaient d'étage en étage, une partie était suspendue aux murs, une autre couchée sur le plancher. Plusieurs centaines de personnes ont constaté qu'on s'entendait ainsi parfaitement, même en causant à voix basse. Ce dernier fait a mis hors de doute un point que MM. Biot et Hassenfratz n'avaient pas résolu : c'est que le bruit extérieur n'entrave pas les communications acoustiques ; en effet, pendant cette expérience, des machines à vapeur marchaient, des tours, des limes et des marteaux ébranlaient tous les étages de l'atelier, sans nuire aucunement à la perception des sons.

Des ingénieurs distingués ont étudié, en Belgique, la question de l'établissement des tubes acoustiques. On a reconnu que les conditions de succès résident dans la nature des tubes, qui doivent être composés de métaux sonores et dans leur isolement le plus complet possible par rapport au sol. Le gouvernement belge a depuis longtemps accordé l'autorisation d'établir le long des routes des tubes de ce genre. Il n'est pas douteux qu'on ne pût parvenir à correspondre ainsi entre des villes fort éloignées l'une de l'autre. Le savant Babbage se fait fort de causer de Londres avec une personne résidant à Liverpool, qui en est éloignée de 70 lieues. Rumford était plus hardi : il pensait que la voix humaine peut franchir ainsi des centaines de lieues.

(1) Lettre de Franklin du 20 juillet 1762.

partient à un savant genevois d'origine française, nommé *Georges-Louis Lesage*. C'était un physicien habile qui a laissé des travaux estimés ; il vivait à Genève du produit de quelques leçons de mathématiques. C'est vers l'année 1760 que Lesage conçut le projet d'un télégraphe électrique qu'il établit à Genève en 1774. Cet instrument, qui ne pouvait être qu'un appareil de démonstration et d'essai, se composait de vingt-quatre fils métalliques séparés les uns des autres et noyés dans une substance non conductrice. Chaque fil allait aboutir à un électromètre particulier formé d'une petite balle de sureau suspendue à un fil de soie. En mettant une machine électrique ou un bâton de verre électrisé en contact avec l'un de ces fils, la balle de l'électromètre qui y correspondait était repoussée, et ce mouvement indiquait la lettre de l'alphabet que l'on voulait désigner d'une station à l'autre.

« Lesage était en correspondance suivie avec les savants les plus distingués de l'Europe, et particulièrement avec d'Alembert. C'est ce dernier sans doute qui lui suggéra l'idée de faire hommage de sa découverte au grand Frédéric qui aurait aisément fait la fortune de l'invention. Lesage se proposait en effet d'offrir sa découverte au roi de Prusse ; il avait même préparé la lettre suivante, qui devait accompagner l'envoi de ses instruments :

« Ma petite fortune est non-seulement suffi-
« sante pour tous mes besoins personnels,
« mais elle suffit même à tous mes goûts,
« excepté un seul, celui de fournir aux be-
« soins et aux goûts des autres hommes.
« Ce désir là, tous les monarques du monde
« réunis ne pourraient me mettre en état
« de le satisfaire pleinement. Ce n'est donc
« point au patron qui peut donner beaucoup
« que je prends la liberté d'adresser la dé-
« couverte suivante, mais au patron qui
« peut en faire beaucoup d'usage. »

« Mais Frédéric se trouvait à cette époque au milieu des embarras de la guerre de sept ans ; Lesage abandonna son projet.

« Cependant l'idée de la télégraphie électrique avait déjà si bien pénétré dans tous les esprits, qu'on la trouve, quelques années après, réalisée à la fois en France, en Allemagne et en Espagne. En 1787, un physicien, nommé *Lomond*, avait construit à Paris une petite machine à signaux fondée sur les attractions et les répulsions des corps électrisés. C'est ce que nous apprend Arthur Young dans son *Voyage en France* :

« *M. Lomond*, dit-il, *a fait une découverte remarquable dans l'électricité. Vous écrivez deux ou trois mots sur du papier, il les prend avec lui dans une chambre, et tourne une machine dans un étui cylindrique au haut duquel est un électromètre avec une jolie petite balle de moelle de plume ; un fil d'archal est joint à un pareil cylindre placé dans un appartement éloigné, et sa femme, en remarquant les mouvements de la balle qui y correspond, écrit les mots qu'ils indiquent : d'où il paraît qu'il a formé un alphabet du mouvement. Comme la longueur du fil d'archal ne fait aucune différence sur l'effet, on pourrait entretenir une correspondance de fort loin, par exemple, avec une ville assiégée, ou pour des objets beaucoup plus dignes d'attention ou mille fois plus innocents. Quel que soit l'usage qu'on en pourra faire, la découverte est admirable.* »

« En Allemagne, Reiser proposa en 1794 d'éclairer à distance, au moyen d'une décharge électrique, les diverses lettres de l'alphabet, que l'on aurait découpées d'avance sur des carreaux de verre recouverts de bandes d'étain. L'étincelle électrique devait se transmettre par vingt-quatre fils correspondant aux vingt-quatre lettres ; on aurait isolé les fils en les enfermant sur tout leur parcours dans des tubes de verre.

« En Espagne, Bétancourt avait déjà essayé en 1787 d'appliquer l'électricité à la production des signaux, en se servant de bouteilles de Leyde, dont il faisait passer la décharge dans des fils allant de Madrid à Aranjuez. Mais, quelques années plus tard, la télégraphie électrique était beaucoup plus avancée dans le même pays. En 1796, François Salva établit à Madrid un télégraphe électrique. François Salva était un médecin catalan qui s'était acquis dans la Péninsule une grande réputation par le courage et la persévérance qu'il avait montrés comme propagateur des progrès de la vaccine. Il lutta pendant toute sa vie contre l'ignorance du peuple. Ce médecin, qui savait, comme on le voit, reconnaître et servir les découvertes utiles, présenta à l'Académie des sciences de Madrid un mémoire sur l'application de l'électricité à la production des signaux. Le prince de la Paix voulut examiner ses appareils, et, charmé de la promptitude de leurs effets, il les fit fonctionner lui-même en présence du roi. A la suite de ces essais, l'infant don Antonio, fils de Ferdinand, fit construire, dit-on, un télégraphe semblable qui embrassait un espace très-étendu.

« Toutefois, hâtons-nous de le dire, un télégraphe électrique, fondé sur les seuls phénomènes d'électricité que l'on connaissait à la fin du dernier siècle, ne pouvait, dans aucun cas, être considéré comme un appareil sérieux. On pouvait en faire une curieuse machine de cabinet, un instrument propre à fournir quelques expériences intéressantes, mais il était impossible de penser à l'appliquer au dehors à une correspondance télégraphique. A cette époque, on ne connaissait en effet, que l'électricité ***statique***, c'est-à-dire celle qui est dégagée par le frottement ou fournie par les machines électriques et la bouteille de Leyde. Or, l'électricité provenant de cette source ne réside qu'à la surface des corps qu'elle occupe, et tend continuellement à s'en échapper. C'est une électricité animée d'une grande tension, comme on le dit en physique. Il résulte de là qu'elle abandonne ses conducteurs sous

l'influence des causes les plus indifférentes ; l'air humide, par exemple, suffit pour la dissiper. Un agent aussi difficile à manier et à contenir ne pouvait donc, en aucune façon, être utilisé pour le service de la télégraphie. C'est dire assez que toutes les tentatives faites jusqu'à la fin du siècle dernier pour plier l'électricité au besoin de la correspondance durent être frappées d'une impuissance radicale. Après trente ans de travaux et de recherches inutiles, on abandonna cette idée comme impraticable, on fut contraint de revenir aux signaux formés dans l'espace et visibles à de grandes distances. C'est à cet époque, c'est à la suite de ces travaux infructueux, que le télégraphe aérien aujourd'hui en usage en Europe fut découvert en France par la patience et le génie de *Claude Chappe*; mais, avant d'en venir à une découverte qui a si dignement marqué dans l'histoire de la civilisation moderne, il convient de signaler quelques recherches intermédiaires qui l'ont précédée, sinon préparée.

« Dans ses *Mémoires sur la Bastille*, le journaliste Linguet revendique l'honneur de la découverte du télégraphe français. Par suite de son humeur agressive et inquiète, Linguet passa, comme on le sait, plusieurs années de sa vie à la Bastille. Dans les loisirs forcés de la captivité, son ardente imagination continuait de se donner carrière. Comme il s'était occupé de tout, Linguet avait fait quelques études sur la lumière ; il a même publié quelques pages sur cette question. C'est à la suite de ses observations d'optique qu'il fut conduit à imaginer un plan de télégraphe aérien. Il proposa au gouvernement d'en révéler le secret en échange de sa liberté ; il ne donnait cependant aucune description de sa machine, disant seulement qu'elle avait beaucoup d'analogie avec un outil très-employé dans les ateliers. On ne voulut pas écouter le journaliste, et peu de temps après le ministère le laissa sortir sans conditions. Une fois dehors, Linguet oublia sa découverte : il ne s'en souvint qu'au bout de plusieurs années, pour revendiquer vis-à-vis de Claude Chappe la découverte du télégraphe.

« En 1788, l'auteur de l'*Origine des cultes*, François Dupuis, habitait Belleville, tandis que son ami Fortin avait fixé sa résidence à Bayeux. Pour correspondre avec son ami à travers la distance de plusieurs lieues qui les séparait, il imagina et fit placer au-dessus de sa maison une machine télégraphique. Cette machine devait avoir quelque valeur, car elle a subsisté longtemps. Cependant, à l'apparition du télégraphe de Chappe, Dupuis la fit enlever.

« En Allemagne, un savant de Hanau, nommé *Bergstrasser*, a consacré sa vie presque entière à l'étude de la télégraphie. Il a écrit sur ce sujet quelques ouvrages estimés et a construit un très-grand nombre d'appareils télégraphiques. Le mérite principal de ses travaux se trouve dans les perfectionnements qu'il a apportés au vocabulaire de la correspondance. Il représentait les mots par des chiffres ; seulement, comme le système ordinaire de numération aurait exigé un trop grand nombre de caractères, il faisait usage de l'arithmétique binaire ou quaternaire, qui n'emploie que deux ou quatre signes pour représenter tous les nombres. C'est le système qu'ont adopté plus tard les ingénieurs anglais pour leur télégraphe aérien.

« Cependant Bergstrasser se proposait moins de construire un télégraphe que d'expérimenter les divers moyens de transmettre au loin la pensée. Il avait étudié dans cette vue tous les procédés de correspondance imaginés avant lui. Il employait le feu, la fumée, les feux réfléchis sur les nuages, l'artillerie, les fusées, les explosions de poudre, les flambeaux, les vases remplis d'eau, signaux des anciens Grecs, le son des cloches, celui des trompettes et des instruments de musique, les cadrans, les drapeaux mobiles, les fanaux, les pavillons et les miroirs. Nous n'avons pas besoin de faire remarquer tout ce qu'avait d'impraticable la combinaison de tant de moyens. L'arithmétique binaire exige que l'on répète un très-grand nombre de fois les deux signes qui représentent les différents nombres, lorsque ces nombres sont un peu élevés ; il résultait de là que, pour transmettre une phrase de quelques lignes, il fallait reproduire à l'infini le même signal. Si l'on faisait usage du canon ou de fusées, pour une phrase composée d'une vingtaine de mots, Bergstrasser faisait tirer vingt mille coups de canon ou vingt mille fusées. L'excentricité allemande ne perd pas ses droits ; Bergstrasser fut un moment sur le point de voir adopter ses vingt mille coups de canon. Il ne manquait à sa gloire que d'avoir composé un télégraphe vivant. C'est ce qu'il fit en 1787, en dressant un régiment prussien à transmettre des signaux. Les soldats exécutaient les manœuvres télégraphiques par les divers mouvements de leurs bras. Le bras droit étendu horizontalement indiquait le numéro un ; le gauche placé de la même manière, le numéro deux ; les deux bras ensemble, le numéro trois ; le bras droit élevé verticalement, le numéro quatre, et le bras gauche en l'air, le numéro cinq. Ces télégraphes animés ont manœuvré en présence du prince de Hesse-Cassel. Le régiment obtint un succès de fou rire. A part ces bizarreries, Bergstrasser a rendu à la télégraphie des services sérieux. Ses calculs pour la combinaison des chiffres représentatifs des mots étaient d'une rare justesse. Sa prévoyance n'était jamais en défaut. Il embrassait même le cas où les interlocuteurs ne pourraient s'apercevoir entre eux, bien qu'ils fussent assez près pour se toucher. Alors il armait leurs mains d'un miroir avec lequel ils dirigeaient les reflets du soleil sur un objet placé à l'ombre ; la répétition de ce signal à intervalles fixes était, dans ce cas, la base de l'alphabet.

« Un autre original, le baron Boucheræder, paraît avoir été jaloux de l'une des inventions de Bergstrasser, c'est-à-dire de ses télégraphes animés. Il était colonel d'un régiment de chasseurs hollandais, et en 1795, il dressa ses soldats à des manœuvres télégraphiques. La moitié du régiment déserta, l'autre moitié entra à l'infirmerie. Au sortir de l'hôpital, les soldats refusèrent de recommencer les exercices; le colonel, furieux, alla se plaindre à l'empereur François qui lui rit au nez, ce qui occasionna, dit-on, au savant guerrier une telle colère, qu'il en mourut. C'est ce même Boucheræder qui, dans son traité de l'*Art des signaux*, imprimé à Hanau en 1795, prétend que la tour de Babel n'avait d'autre objet que d'établir un point central de communications télégraphiques entre les différentes contrées habitées par les hommes.

« Ainsi jusqu'à la fin du siècle dernier, l'art télégraphique ne présentait que des principes confus et vagues, entièrement privés de la sanction d'une pratique sérieuse. Toutes ces idées, dont la plupart sont restées sans application, n'enlèvent donc rien à l'originalité des travaux de Chappe, qu'il est juste de considérer comme le seul inventeur de la télégraphie moderne.

« *L'abbé Chappe. — Ses expériences télégraphiques. — Etablissement des premiers télégraphes aériens. — La télégraphie aérienne établie en Europe.* Claude Chappe était fils d'un directeur des domaines de Rouen; il était le neveu de l'abbé Chappe d'Auteroche que son dévouement à la science a rendu célèbre, et qui, envoyé par l'Académie des sciences dans les déserts de la Californie pour observer le passage de Vénus sur le disque du soleil, y périt victime du climat de ces contrées. Claude Chappe était né à Brûlon, dans le département de la Sarthe. Cadet d'une famille nombreuse, il entra dans les ordres. Il avait obtenu à Bagnolet, près de Provins, un bénéfice d'un revenu assez considérable, qui lui fournissait les moyens de se livrer à son goût pour les recherches de physique. A l'âge de vingt ans, il faisait déjà partie de la *Société philomathique*, qui commençait à cette époque à prendre beaucoup d'importance. La révolution française l'arrêta dans ses travaux. Il perdit son bénéfice et retourna à Brûlon au milieu de sa famille, où il retrouva quatre de ses frères, dont trois venaient aussi de perdre leurs places. Dans ces circonstances il lui vint à la pensée de mettre à profit quelques essais qui remontaient aux premières années de sa vie. Il espéra pouvoir tirer parti, dans l'intérêt de sa famille, d'une sorte de jeu qui avait fourni des distractions à sa jeunesse. L'abbé Chappe avait été élevé dans un séminaire près d'Angers, tandis que ses frères étaient placés dans une pension à une demi-lieue du séminaire. Pour tromper les ennuis de la séparation et de la solitude, il avait imaginé une manière de correspondre avec eux. Une règle de bois tournant sur un pivot et portant à ses extrémités deux règles mobiles de moitié plus petites, était l'instrument qui leur avait servi à échanger quelques pensées. Par les diverses positions de ces règles, on obtenait cent quatre-vingt-douze signaux qu'il était facile de distinguer avec une longue-vue. Claude Chappe pensa que l'on pourrait tirer un grand parti de ce mode de signaux, en l'appliquant sur une échelle étendue aux rapports du gouvernement avec les villes de l'intérieur et de la frontière. Il proposa donc à ses frères de perfectionner ce moyen de correspondance et de l'offrir ensuite au gouvernement. Il fit adopter ses vues à sa famille, et décida ses frères à le seconder dans ses recherches.

« Le système des règles mobiles, qui avait fonctionné heureusement lorsqu'il ne s'était agi que d'une correspondance entre deux points, rencontra des difficultés insurmontables quand on voulut multiplier les stations. On renonça donc à cette combinaison pour essayer l'électricité. Dans ses travaux de physique, l'abbé Chappe s'était surtout occupé d'électricité, et cet agent semblait si bien satisfaire à toutes les conditions du problème télégraphique, que des essais de cette nature étaient pour ainsi dire commandés. Son cabinet de physique permit d'entreprendre les expériences; mais les frais qu'elles occasionnaient ne tardèrent pas à s'élever si haut, qu'il fallut vendre tous les instruments. D'ailleurs, ces essais, exécutés nécessairement avec l'électricité statique, n'amenaient aucun résultat avantageux. On en vint alors à se servir d'un corps opaque, isolé dans l'atmosphère et qui, par son apparition et sa disparition successives, indiquait l'instant précis de marquer le chiffre désigné par deux pendules placées aux deux stations et parfaitement concordantes entre elles. On put ainsi correspondre régulièrement et avec une grande promptitude à trois lieues de distance. Ces résultats furent parfaitement constatés par des expériences spéciales dont le procès verbal existe encore, et qui furent exécutées en présence des officiers municipaux et des notables du pays, au château de Brûlon. Muni de ces procès-verbaux, l'abbé Chappe vint à Paris vers la fin de 1791, et après bien des difficultés et des démarches, il obtint la permission d'élever un de ses télégraphes sur le petit pavillon de gauche de la barrière de l'Étoile. Deux de ses frères le secondaient dans ces expériences qui donnaient les meilleurs résultats. Mais une nuit plusieurs hommes masqués envahirent le pavillon et enlevèrent le télégraphe. Cette mystérieuse disparition de leur machine, qui n'a jamais été bien expliquée, découragea les inventeurs et refroidit leur zèle. Ils auraient probablement renoncé pour jamais à l'entreprise sans un événement qui vint leur rendre quelque espoir. L'aîné des frères Chappe fut nommé, par le département de la Sarthe, membre de l'Assemblée législative. Comptant dès lors sur le crédit du nouveau député, l'abbé

Chappe retourna à Paris, et il obtint l'autorisation d'établir un autre télégraphe dans le beau parc que Lepelletier de Saint-Fargeau possédait à Ménilmontant. Ce nouvel appareil consistait en une sorte de grand tableau de forme rectangulaire, qui présentait plusieurs surfaces de couleurs différentes et dont l'axe pivotait de telle sorte que ces surfaces paraissaient et disparaissaient à volonté. Ce n'était pas encore là, comme on le voit, le télégraphe actuel; c'est néanmoins la disposition qui a servi de modèle au télégraphe aérien aujourd'hui en usage en Angleterre et en Suède. Les frères Chappe travaillaient avec ardeur à perfectionner et à régulariser le jeu de cet instrument, lorsqu'un matin, au moment où ils entraient dans le parc, ils virent accourir vers eux le jardinier tout épouvanté, qui leur cria de s'enfuir. Le peuple s'était inquiété du jeu perpétuel de ces signaux; on avait vu là une machination suspecte, on avait soupçonné quelque correspondance secrète avec le roi et les autres prisonniers du Temple, et l'on avait mis le feu à la machine. Le peuple menaçait de jeter aussi les mécaniciens dans les flammes. Les frères Chappe se retirèrent consternés. Cependant Claude Chappe ne se laissa point abattre. Il voulut poursuivre jusqu'au bout une découverte dont la première pensée lui appartenait. Pour la troisième fois, il demanda l'autorisation d'établir de nouvelles machines à ses frais et il l'obtint par le crédit de son frère le député. Il disposa donc trois postes, dont l'un fut placé à Ménilmontant, l'autre à Ecouen, village situé à cinq lieues de Paris, et le troisième à Saint-Martin-du-Tertre, à quatre lieues d'Ecouen. C'est à cette époque que furent arrêtées entre les frères Chappe les dispositions et les combinaisons du télégraphe actuel. Le mécanisme des trois règles mobiles et le vocabulaire qui se rapporte à ces signaux furent alors mis en pratique pour la première fois. Quand les stationnaires furent convenablement exercés à toutes les manœuvres de la ligne, l'inventeur demanda au gouvernement l'examen public de sa découverte. Un an s'écoula sans amener de réponse. En d'autres temps peut-être ce retard eût été indéfini, et le projet de Chappe, enseveli dans les cartons poudreux d'un ministère, serait resté à jamais oublié. Mais à une époque où plusieurs armées éparses sur divers points éloignés du territoire avaient besoin de pouvoir communiquer librement et rapidement entre elles, un agent de correspondance précieux à tant d'égards devait appeler l'attention des dépositaires de l'autorité publique. Un député, nommé Romme, qui avait quelques notions de sciences, découvrit l'exposé de Chappe dans les bureaux du comité de l'instruction publique. Frappé de la lucidité de ce travail et en comprenant toute l'importance, il le signala avec éloge au comité. Nommé rapporteur du projet, le 4 avril 1793, il monta à la tribune le mémoire de Chappe à la main, et obtint de la Convention qu'une somme de six mille francs fût consacrée à l'essai de ce système télégraphique. Les expériences eurent lieu le 12 juillet suivant. Daunou et Lakanal, commissaires de la Convention, se tenaient à Saint-Martin, l'un des postes extrêmes, avec Abraham Chappe; Arbogast et quelques autres députés se trouvaient, avec l'abbé Chappe, à Ménilmontant. Les expériences durèrent trois jours. A la distance de sept lieues, toutes les dépêches furent transmises avec une précision et une promptitude extraordinaires. De retour à Paris, les commissaires firent à la Convention un rapport qui détermina l'assemblée à ordonner l'établissement d'une ligne télégraphique de Paris à Lille. L'abbé Chappe fut chargé du soin d'organiser cette première ligne; la Convention crut devoir l'honorer à cette occasion du titre peu euphonique d'*ingénieur télégraphe*.

« Les travaux pour la construction de cette ligne durèrent plus d'une année. Nous n'avons pas besoin de dire quels obstacles il fallut surmonter, quelles ressources, quelle activité il fallut déployer dans l'organisation d'un système si nouveau. Ces difficultés ne pouvaient être vaincues que par le courage, la persévérance et l'accord d'une famille intéressée au succès d'une création dont la gloire devait lui revenir tout entière. La ligne télégraphique fut inaugurée par l'annonce d'une victoire. Dans la séance du 30 novembre 1794, Carnot apporta à la Convention la nouvelle expédiée par le télégraphe de la prise de Condé sur les Autrichiens. Aussitôt les applaudissements éclatèrent sur tous les bancs de l'assemblée. La Convention transmit immédiatement cette réponse : *L'armée du Nord a bien mérité de la patrie*. Elle envoya en même temps un décret par lequel le nom de la ville de Condé était changé en celui de *Nord-Libre*. La dépêche, la réponse et le décret furent transmis avec une telle promptitude, que les ennemis crurent que la Convention elle-même siégeait au milieu de l'armée.

« En 1798, on construisit la ligne de Strasbourg. En l'an VII, le Directoire commença la ligne du Midi, qui s'arrêta à Dijon et ne fut pas mise immédiatement en activité. En 1805, Napoléon décréta la ligne de Paris à Milan. Celle de Lyon à Toulon a été construite sous la Restauration. Toutes ces lignes ont été organisées par les frères Chappe, qui furent mis dès le début à la tête de l'administration des télégraphes.

« L'abbé Chappe est mort sous l'empire, à la suite d'un dîner de savants. Les convives étaient un peu animés; il se laissa choir dans un puits qu'il n'avait pas aperçu. Il eut la fin de l'astrologue de la Fable, avec lequel il n'est pas sans avoir eu quelque ressemblance durant sa vie. Ses deux frères René et Abraham restèrent, après lui, à la tête de l'administration jusqu'en juillet 1830, époque à laquelle le gouvernement provisoire les mit à la retraite. Abraham

Chappe fut destitué pour avoir refusé, le 31 juillet 1830, de faire passer dans les départements les dépêches du gouvernement provisoire. René Chappe fut renvoyé tout simplement, parce que l'on avait besoin de sa place. Il avait cependant prêté serment au gouvernement nouveau, *comme j'en avais prêté dix autres*, ajoute-t-il assez piteusement dans sa brochure publiée, en 1840, au Mans, où il s'était retiré.

« Il faut convenir que, dans cette affaire, la sévérité fut poussée jusqu'à l'ingratitude. Le nom des Chappe est une des gloires de la France; leur découverte a excité l'envie et l'admiration de l'Europe; ils avaient épuisé leur fortune dans de longues et dispendieuses études; ils avaient donné à l'administration quarante ans de leur vie; ils avaient donc bien acquis le droit de mourir à leur poste. Si quelquefois les gouvernements sont ingrats, la conscience publique se montre plus fidèle au souvenir de nos gloires nationales. Quand on entre dans le cimetière de l'Est, on aperçoit, dans un coin retiré, un monument très-simple qui porte pour tout emblème un télégraphe de fonte : c'est la tombe de l'abbé Chappe. Les hommes n'ont pas élevé d'autre monument à sa mémoire; mais celui-là suffira, dans sa simplicité éloquente, pour rappeler le nom du savant, laborieux et modeste, dont la vie n'a pas été sans influence sur nos destinées contemporaines.

« La découverte du télégraphe français produisit en Europe une sensation très-vive; tous les peuples étrangers s'empressèrent de l'adopter ou de l'imiter. Notre télégraphe fut établi en Italie et en Espagne. Dans les pays septentrionaux, les brumes particulières à ces climats rendent difficilement visibles les signaux allongés; on préféra se servir de volets mobiles, dont les combinaisons sont assez variées pour offrir une multitude de signaux. On a vu d'ailleurs que Chappe avait pendant quelque temps employé cette disposition. En Angleterre et en Suède, les télégraphes aériens sont construits d'après ce système. Le télégraphe suédois, construit par M. Endelerantz, se compose d'un grand cadre offrant des volets placés à égale distance, et disposés sur trois rangées verticales; chacun de ces volets est fixé sur un axe mobile; ils peuvent prendre une position horizontale ou verticale, et en s'ouvrant ou se fermant de cette manière, ils forment mille vingt-quatre signaux qui suffisent aux besoins de la correspondance. Les premiers essais du télégraphe suédois furent faits entre Drottninghoim et Stockholm le 30 octobre 1794. En 1796, on disposa trois télégraphes pour servir à la correspondance des deux bords d'Aland, à la distance de 8 lieues de France. Le télégraphe suédois était à peine établi, que le gouvernement anglais en adopta un à peu près semblable, qui fut élevé en 1796 sur l'hôtel de l'Amirauté. C'était une sorte de grille remplie de six volets très-rapprochés. Mais cette disposition, qui expose trop aisément à confondre entre eux les signes placés à côté ou au-dessus les uns des autres, jointe d'ailleurs à l'existence habituelle des brouillards sous le climat si défavorable de l'Angleterre, empêcha de retirer du télégraphe tous les avantages qu'on en obtient dans les pays méridionaux. On a prétendu que le premier télégraphe établi à Londres en 1796 ne pouvait servir que vingt-cinq jours au plus dans l'année. Diverses modifications apportées à cet appareil ont amélioré, depuis cette époque, l'état de la télégraphie aérienne, sans l'amener cependant à un degré suffisant de valeur. C'est précisément en raison des insuccès répétés de la télégraphie aérienne que la télégraphie électrique devait plus tard prendre en Angleterre un essor si rapide.

« La découverte française se répandit plus lentement en Allemagne. Bergstrasser, qui n'abandonnait pas aisément la partie, dépeça, mutila le télégraphe français, et en fit une machine assez informe qui ne put jamais être employée. Il allait chercher toutes les raisons du monde pour donner le change à ses compatriotes sur le mérite de l'invention française. Et parfois il rencontrait de singuliers arguments. *Au reste*, dit-il dans un ouvrage dédié à l'empereur François II, *je pense que les Français n'emploient pas leur télégraphe à autre chose qu'à un but politique : on s'en sert pour amuser les Parisiens, qui, les yeux sans cesse fixés sur la machine, disent :* Il va, il ne va pas. *On profite de cette occasion pour détourner l'attention de l'Europe, et en venir insensiblement à ses fins.* Cependant on ne tint pas compte d'aussi bonnes raisons, et le télégraphe de Chappe est le seul appareil aérien qui fonctionne aujourd'hui dans les États allemands.

« Le télégraphe aérien fut un moment sur le point de s'intaller en Turquie. L'ambassadeur ottoman fit demander pour son souverain un modèle de télégraphe au gouvernement français. Les appareils furent envoyés, mais personne à Constantinople ne put réussir à les faire fonctionner. La découverte de Chappe devait trouver en Egypte un accueil plus heureux. Méhémet-Ali, désireux de doter son pays de cette nouvelle conquête de la civilisation européenne, chargea un ingénieur, M. Abro, d'établir une ligne télégraphique du Caire à Alexandrie. On fit venir de France les modèles, les lunettes d'approche et tous les instruments nécessaires. M. Abro, accompagné de M. Coste, un des ingénieurs du prince, fit la reconnaissance des lieux et présida à la construction des tours. La ligne télégraphique créée par Méhémet-Ali fonctionne très-bien aujourd'hui en Egypte; on reçoit en quarante minutes à Alexandrie les nouvelles du Caire au moyen de dix-neuf stations.

« La télégraphie a rencontré plus de difficultés en Russie; ce n'est guère qu'en 1834 qu'elle a pu s'y établir d'une manière définitive. Cependant l'utilité d'un tel agent de

correspondance se faisait sentir en Russie plus que dans toute autre partie de l'Europe. L'immense étendue de cet empire est un obstacle continuel à la transmission des ordres envoyés de la capitale ; il faut des mois entiers pour les faire parvenir et pour assurer leur exécution. La distance qui sépare les divers peuples soumis à l'autorité du czar est si considérable, qu'ils ne peuvent former entre eux de relations suivies, et qu'ils sont pour la plupart comme étrangers les uns aux autres. Toutes ces circonstances devaient donner à l'établissement de la télégraphie chez les Russes un prix inestimable. Aussi l'empereur attachait-il la plus haute importance à cette question. Malheureusement les résultats répondirent mal à son impatience et à ses désirs. Un grand nombre de personnes avaient essayé à Saint-Pétersbourg de construire des télégraphes, mais leurs tentatives avaient été si mal combinées, qu'il en reste à peine quelques traces. Nous ne connaissons de ces essais infructueux que l'esquisse de machine télégraphique qui fut proposée au czar par l'abbé Haüy, connu par sa méthode d'éducation des aveugles. Dans une brochure publiée en 1805, Haüy annonce : *qu'il vient d'appliquer heureusement sa méthode à la composition d'un système et d'une machine télégraphique dont il a accommodé le service exprès pour l'usage de l'empire de Russie.* Il est assez difficile de comprendre comment une méthode imaginée pour des aveugles peut servir à apercevoir des signaux à de grandes distances. Cette idée n'eut aucune suite. Les journaux annoncèrent en 1808 qu'un M. Volque allait enrichir Saint-Pétersbourg d'un télégraphe aérien. Cet appareil devait mal remplir les vues du gouvernement, puisque son auteur crut devoir l'année suivante le transporter à Copenhague. Cependant, en 1809, le consul de Danemark fit au gouvernement français la demande d'un télégraphe, ce qui ne plaide pas en faveur de l'appareil imaginé par M. Volque. Tous les essais entrepris en Russie pour la création des lignes télégraphiques avaient donc échoué, et depuis trente ans une commission officielle, instituée en vue de cette question, n'avait encore absolument rien produit, lorsqu'en 1832 un ancien employé de la télégraphie française vint proposer au czar de doter son empire du moyen de correspondance depuis si longtemps cherché. C'était M. Chatau, qui, au moment de la révolution de juillet, avait été destitué avec Abraham Chappe. Le système qu'il imagina est une modification du télégraphe de Chappe qui a pour principal avantage de diminuer le nombre des signaux. M. Chatau a établi en Russie deux lignes de télégraphie aérienne, l'une de huit postes entre Saint-Pétersbourg et Cronstadt, et une seconde de cent quarante-huit postes entre Saint-Pétersbourg et Varsovie. La première a été ouverte à la fin de février 1834, la seconde à la fin de mars 1839. La ligne télégraphique de Varsovie est la plus étendue de l'Europe. Elle a 300 lieues de longueur. Son organisation est entièrement militaire. Chacun des postes renferme une chambre à coucher, une cuisine, deux remises, une cave, une vaste cour, un jardin et un puits. Quatre employés sont attachés au service de chacune des stations. Cette ligne donne d'excellents résultats ; M. de Barante et le général Lamoricière ont rendu témoignage des parfaites conditions du service organisé par M. Chatau. Après avoir doté la Russie de cet établissement remarquable, notre compatriote est rentré en France honoré d'une pension de l'empereur.

« *Principes du télégraphe aérien. — Mécanisme des signaux. — Vocabulaire. — Inconvénients de la télégraphie aérienne. — Télégraphie de nuit. — Le télégraphe de Chappe*, dit M. Jules Guyot, homme fort compétent sur cette matière, *est le plus parfait de tous ceux qui ont été inventés soit avant, soit après son établissement. Non-seulement il est plus parfait, mais il dépasse encore d'une perfection infinie tous ceux qu'on a essayé d'établir ou qu'on a établis après lui tant en France qu'en Europe* (1).

« Essayons de faire comprendre le mécanisme du télégraphe de Chappe et les principes sur lesquels repose le vocabulaire dont il fait usage. Il est d'autant plus utile d'entrer à cet égard dans quelques détails, que la télégraphie est encore aujourd'hui un art fort peu connu. On s'imagine en effet qu'elle constitue un des secrets de l'Etat ; c'est une erreur : les principes de la télégraphie n'ont rien de mystérieux ; le gouvernement ne réclame que le secret de ses dépêches, qui n'est en rien compromis par la publicité donnée aux règles de cet art. Le télégraphe proprement dit, ou la partie de la machine qui forme les signaux, se compose de trois branches mobiles : une branche principale de quatre mètres de long, appelée *régulateur*, et deux petites branches longues d'un mètre appelées *indicateurs* ou *ailes*. Le régulateur est fixé par son milieu à un mât qui s'élève au-dessus du toit de la maisonnette où se trouve placé le stationnaire. Ces branches mobiles sont disposées en forme de persienne, c'est-à-dire composées d'un cadre étroit, dont l'intervalle est rempli par des lames minces, inclinées les unes au-dessus des autres. Cette disposition a l'avantage de donner aux pièces une grande légèreté ; elle leur permet aussi de résister aux vents et de combattre les mauvais effets de la lumière. Les branches mobiles sont peintes en noir, afin qu'elles se détachent avec plus de vigueur sur le fond du ciel. L'assemblage de ces trois pièces forme un système unique, élevé dans l'espace et soutenu par un seul point d'appui, l'extrémité du mât, autour duquel il peut librement tourner. Les pièces du télégraphe se meuvent à l'aide de cordes de laiton. Ces cordes communiquent, dans la maisonnette, avec les branches d'un autre télégraphe, qui est la reproduction en

(1) *De la télégraphie de jour et de nuit*, par le docteur Jules Guyot, p. 31.

petit du télégraphe extérieur. C'est ce second appareil que le guetteur manœuvre; ce télégraphe placé au-dessus du toit ne fait que répéter les mouvements imprimés directement à la machine intérieure. Le régulateur est susceptible de prendre quatre positions : *verticale*, *horizontale*, *oblique de droite à gauche*, *oblique de gauche à droite*. Les ailes peuvent former avec lui des angles droits, aigus ou obtus; ces signaux sont clairs, faciles à apercevoir, faciles à écrire, il est impossible de les confondre. Voici maintenant les conventions et les principes qui règlent la formation des signaux. Les frères Chappe ont décidé qu'aucun signal ne serait formé sur le régulateur placé dans la situation horizontale ni perpendiculaire; les signaux ne sont valables que quand ils sont formés sur le régulateur placé obliquement. Ils ont encore décidé qu'aucun signal n'aurait de valeur et ne devrait par conséquent être écrit et répété que lorsque, étant formé sur une des deux obliques, il serait transporté tout formé soit à l'horizontale, soit à la verticale. Ainsi le guetteur qui voit former le signal le remarque pour se préparer à le répéter, mais il ne l'écrit point; aussitôt qu'il le voit porter à l'horizontale ou à la verticale, il est certain que le signal est bon; alors il le répète et le note. On appelle cette manœuvre *assurer* un signal. Cette manière d'opérer a pour but de bien marquer au stationnaire quel est, au milieu de tous les mouvements successifs des pièces du télégraphe, le signal définitif auquel il doit s'arrêter pour le reproduire. Les diverses positions que peuvent prendre le régulateur et les ailes donnent quarante-neuf signaux différents; mais chaque signal peut prendre une valeur double, selon qu'il est transporté à l'horizontale ou à la verticale : ainsi quarante-neuf signaux peuvent recevoir quatre-vingt-dix-huit significations, en partant de l'oblique de droite, pour être affichés horizontalement ou verticalement; de même pour l'oblique de gauche : ce qui donne en tout cent quatre-vingt-seize signaux. Les frères Chappe ont arrêté que la moitié de ces cent quatre-vingt-seize signaux serait consacrée au service des dépêches, et l'autre moitié à la police de la ligne, c'est-à-dire aux avis et indications à donner aux stationnaires. Les quatre-vingt-dix-huit signaux formés sur l'oblique de droite servent à la composition des dépêches; les quatre-vingt-dix-huit signaux formés sur l'oblique de gauche sont destinés au règlement de la ligne. Maintenant, comment ces différents signaux peuvent-ils transmettre l'expression de la pensée? C'est ici que le génie de l'inventeur va se montrer avec toute la simplicité qui le distingue. Les frères Chappe ont consacré quatre-vingt-douze des signaux primitifs de l'oblique de droite à représenter la série des quatre-vingt-douze nombres, depuis un jusqu'à quatre-vingt-douze; ensuite ils ont composé un vocabulaire de quatre-vingt-douze pages, dont chaque page contient quatre-vingt-douze mots. On est convenu que le premier signal donné par le télégraphe indiquera la page du vocabulaire, et que le second signal indiquera le numéro porté dans cette page répondant au mot de la dépêche. On peut ainsi, par deux signaux, exprimer huit mille quatre cent soixante-quatre mots. C'est là le *Vocabulaire des mots*. Cependant huit mille quatre cent soixante-quatre mots seraient insuffisants pour traduire toutes les pensées et pour répondre aux cas imprévus; d'un autre côté, il est des idées qui doivent revenir fréquemment dans le cours de la correspondance; on a donc composé un second vocabulaire, que l'on nomme *vocabulaire des phrases*. Il est formé, comme le précédent, de quatre-vingt-douze pages, contenant chacune quatre-vingt-douze phrases ou membres de phrases, ce qui donne huit mille quatre cent soixante-quatre idées reproduites. Ces phrases s'appliquent particulièrement à la marine et à l'armée. Il est bien entendu que, pour se servir de ce vocabulaire, le télégraphe doit donner trois signaux : le premier, pour indiquer qu'il s'agit du vocabulaire phrasique; le second, pour indiquer la page du vocabulaire, et le troisième, pour le numéro de cette page.

« On a créé enfin sur les mêmes principes un autre vocabulaire, nommé *géographique*, qui porte la désignation des lieux. Depuis 1830, on a refondu en un seul les trois vocabulaires de Chappe, que l'on a d'ailleurs fort étendus. Les phrases et les mots sont disposés dans un ordre plus simple qui facilite considérablement la composition et la traduction des dépêches. Il est inutile de dire que l'administration a soin de changer très-souvent, pour dérouter les observations indiscrètes, la clef du vocabulaire. Quant aux signaux destinés simplement à la police de la ligne, on comprend que l'emploi de tout vocabulaire serait superflu. Les cent quatre-vingt-douze signaux formés sur l'oblique de gauche, qui ont cette destination, sont connus de tous les employés. Ils expriment les avis que l'administration transmet aux stationnaires : l'urgence, le but, la destination de la dépêche, les congés d'une heure, d'une demi-heure, accordés aux guetteurs, l'erreur commise dans un signal, l'absence d'un employé, en un mot tous les cas qui peuvent être prévus, depuis l'absence ou le retard d'un stationnaire, jusqu'à la destruction d'un télégraphe par le vent ou la foudre. Ces sortes d'avis parcourent la ligne avec la rapidité de l'éclair, et l'administration est instruite en un clin d'œil de la nature de l'obstacle qu'a rencontré la dépêche et du lieu précis où elle s'est arrêtée.

« La France est couverte aujourd'hui d'un vaste réseau de télégraphes aériens, dont la principale artère, partant de Paris, traverse Dijon et descend jusqu'à Lyon et Avignon, puis prenant à l'ouest, passe par Montpellier et Toulouse, remonte vers le nord-ouest pour gagner Bordeaux et de là revient à Paris par Poitiers et Tours. Grâce à cette cou-

tinuité non interrompue, les dépêches d'un point quelconque de cette ligne peuvent atteindre Paris par deux routes différentes, disposition qui peut devenir d'une grande utilité lorsque, par suite d'obstacles ou d'accidents particuliers, la communication se trouve arrêtée sur l'un des points du trajet.

« La vitesse de transmission des dépêches varie suivant les lignes. On reçoit à Paris les nouvelles de Calais (68 lieues) en trois minutes, par trente-trois télégraphes; celles de Lille (60 lieues) en deux minutes, par vingt-deux télégraphes; celles de Strasbourg (120 lieues) en six minutes et demie, par quarante-quatre télégraphes; celles de Brest (150 lieues) en huit minutes, par cinquante-quatre télégraphes; celles de Toulon (267 lieues) en vingt minutes, par cent télégraphes.

« Cinquante ans d'expérience ont suffisamment montré toute l'étendue des services que l'on retire de la télégraphie aérienne; cependant cette télégraphie a ses imperfections, et nous devons les signaler. Les signaux se transmettent à travers l'atmosphère, par conséquent ils sont soumis à tous les accidents, à toutes les vicissitudes atmosphériques. Les brouillards, les pluies abondantes, la fumée, le mirage, les brumes du matin et du soir, paralysent le jeu du télégraphe aérien. Claude Chappe avait constaté que de son temps le télégraphe ne pouvait bien fonctionner que deux mille cent quatre-vingt-dix heures durant l'année, c'est-à-dire six heures par jour, terme moyen. Aussi affirmait-il que sur douze dépêches envoyées par les ministres et les autorités à l'administration télégraphique ou aux directeurs du télégraphe en province, six restaient dans les cartons ou étaient envoyées par la poste; trois ne parvenaient à leur destination que six, douze ou vingt-quatre heures après avoir été remises, et trois seulement arrivaient aussi promptement que possible. Cependant, par suite des perfectionnements apportés dans le service depuis cette époque, ces observations de Chappe ont beaucoup perdu de leur vérité, et la pratique démontre que le télégraphe aérien suffit, dans la généralité des cas, à tous les besoins de l'administration. Le vice fondamental de la télégraphie aérienne ne réside donc pas, à proprement parler, dans le trouble accidentel que les variations de l'atmosphère introduisent pendant le jour dans le passage des signaux; elle présente un inconvénient plus sérieux, et que, depuis trente ans, on essaye inutilement de combattre. On devine qu'il s'agit de l'absence des signaux pendant la nuit. Le repos forcé du télégraphe pendant toutes les nuits laisse dans le service une lacune funeste, puisqu'il diminue de moitié le temps de la correspondance. Pendant seize heures sur vingt-quatre en hiver, le télégraphe aérien est condamné à l'immobilité. En mai et en septembre, il ne peut fonctionner que pendant douze heures, et durant les jours les plus longs de l'été, il doit encore se reposer huit heures. Aussi toutes les dépêches que l'on apporte au ministère après le coucher du soleil sont-elles forcément renvoyées au lendemain. Alors, le salut d'une armée dût-il en dépendre, l'état fût-il en péril, la révolte eût-elle arboré son étendard triomphant dans nos rues ensanglantées, nulle puissance humaine ne pourrait arracher le télégraphe à son fatal repos. Aux premières ombres du soir il a replié ses ailes; comme un serviteur paresseux, il dort jusqu'au lever de la prochaine aurore. Et cependant de quelle importance n'aurait pas été, en tant d'occasions de notre histoire, l'existence d'une bonne télégraphie nocturne! La bataille ou l'émeute sont suspendues aux approches de la nuit; dans ces heures de silence et de trêve, l'autorité publique a le temps d'organiser ses mesures. Les masses dorment, les chefs doivent veiller; par leurs soins, sous l'ombre protectrice de la nuit, les ordres s'élancent dans toutes les directions avec la rapidité de la pensée, et le lendemain, quand le soleil monte sur l'horizon, la défense est prête ou l'attaque concertée. Les données fournies par la science montrent sous un autre aspect les avantages de la télégraphie nocturne. La météorologie nous apprend que les nuits limpides sont plus fréquentes que les jours sereins. Presque tous les phénomènes atmosphériques qui, dans le jour, contrarient la transmission des signaux, perdent leur influence pendant la nuit. Jusqu'au lever du soleil, les fleuves, les bois, les marais, cessent de fournir des vapeurs. Le mirage est nul, les brouillards tombent avec le crépuscule. La nuit abaisse les vapeurs que le soleil avait élevées; la nuit, les villes, les villages, les usines, sont sans fumée. Le refroidissement du soir précipite, il est vrai, l'eau répandue en vapeur dans l'atmosphère, et la résout en un brouillard léger; mais ce phénomène ne se passe qu'à quelques pieds du sol, et n'atteint jamais la hauteur des régions télégraphiques. Il faut remarquer de plus que presque toujours des nuits sereines succèdent à des jours pluvieux, et réciproquement. En supposant donc la télégraphie nocturne établie conjointement avec la télégraphie de jour, il serait difficile que l'intervalle de vingt-quatre heures s'écoulât sans laisser quelques moments favorables au passage des signaux.

« Ces considérations ont été si bien appréciées par toutes les personnes qui ont mis la main à l'administration des télégraphes, que depuis trente ans on a fait de continuels efforts pour arriver à créer la télégraphie nocturne. Les frères Chappe n'ont jamais perdu de vue cet objet capital. De leurs recherches assidues il est résulté que le problème de la télégraphie nocturne ne peut se résoudre que par ce moyen : éclairer pendant la nuit les branches du télégraphe ordinaire. Malheureusement les essais pour cet éclairage ont presque tous échoué, et il est aisé de le comprendre, car les conditions à remplir sont aussi nombreuses que diffi-

ciles. Il faut que le combustible employé donne une lumière assez intense pour que la distance des postes télégraphiques ne lui fasse rien perdre de son éclat (cette distance est en moyenne de trois lieues); il faut que, sans entretien et sans réparation, cet éclat reste invariable pendant toute la durée des nuits; il faut que la flamme résiste à l'impétuosité des vents et des courants atmosphériques qui balayent les hauteurs; il faut enfin qu'elle suive sans vaciller les branches du télégraphe mises en mouvement par les manœuvres. La plupart des combustibles essayés ont présenté chacun des inconvénients particuliers. Les graisses, les résines, la bougie, donnent peu de lumière et une fumée abondante qui masque et offusque les branches du télégraphe. Le gaz employé à l'éclairage de nos rues donnerait une lumière d'une intensité convenable, mais il serait impossible de le distribuer à tous les postes télégraphiques. Selon M. Jules Guyot, l'huile ne soutient pas la flamme dans le mouvement de l'appareil, la lumière vacille et disparaît par intervalles. Le gaz tonnant, c'est-à-dire le mélange explosif des gaz hydrogène et oxygène, fut essayé à l'époque où Napoléon armait le camp de Boulogne et préparait sa descente en Angleterre. Les expériences faites sur la côte de la Manche eurent les plus beaux résultats : le volume de lumière était énorme; au milieu de l'obscurité des nuits, le télégraphe brillait comme une étoile détachée des cieux; mais le maniement de ce mélange explosif pouvait causer de terribles accidents, et l'on dut renoncer à en faire usage. Plus récemment, M. le docteur Jules Guyot a montré que *l'hydrogène liquide*, combustible nouveau qu'il a découvert, brûlé dans des lampes de son invention, suffirait à toutes les exigences de la télégraphie nocturne. On a trouvé cependant que la pose de ces lampes serait peut-être, par les mauvais temps, très-difficile ou même impossible, et, par suite de ce déplorable système qui consiste à exiger qu'une découverte atteigne du premier coup la perfection absolue, le projet de M. Guyot, qui aurait pu offrir à l'état de sérieuses ressources, a été abandonné. Le problème de la télégraphie nocturne est cependant bien loin d'être insoluble. Il est résolu en Russie depuis plus de dix ans, puisque la ligne télégraphique de Varsovie à Cronstadt, établie par M. Chatau, fonctionne de nuit aussi bien que de jour (1).

« Toutefois, il faut le dire, les essais de télégraphie nocturne auraient été poursuivis avec plus de persévérance par les inventeurs, accueillis avec plus de faveur par le gouvernement et les chambres, si des conditions capitales et toutes nouvelles n'étaient venues apporter dans la question un élément d'une irrésistible influence. Pendant que la télégraphie aérienne cherchait péniblement à accomplir de nouveaux progrès, la télégraphie électrique avançait à pas de géant dans la carrière. Longtemps délaissée, elle grandissait tous les jours en puissance, et un jour vint où il fallut sérieusement compter avec cette rivale à moitié vaincue et presque oubliée.

« *Découverte de l'électro-magnétisme. — Son application au jeu des télégraphes. — Etablissement de la télégraphie électrique aux Etats-Unis. — Télégraphe de M. Morse. — La télégraphie électrique en Angleterre. — Télégraphe à cinq aiguilles de M. Wheatstone. — Télégraphe à cadran. — Télégraphe à double aiguille. — Etat actuel de la télégraphie électrique en Angleterre.* — Tous les essais entrepris avant les premières années de notre siècle pour appliquer l'électricité au jeu des télégraphes ne s'écartaient guère, comme on l'a vu, des conditions d'une belle utopie philosophique. L'électricité statique est un agent si capricieux, si difficile à manier, que l'on ne pouvait raisonnablement en espérer aucun avantage sérieux dans un service régulier et continu. La découverte de la pile de Volta vint changer profondément la face de cette question. On sait que la pile électrique, découverte par Volta en 1800, est un instrument qui fournit une source constante d'électricité, électricité sans tension, c'est-à-dire qui n'a aucune tendance à abandonner ses conducteurs. La pile voltaïque offrit donc un moyen de faire agir ce fluide à travers un espace très-étendu sans déperdition pendant le trajet. Il restait cependant à remplir une condition capitale : il fallait rendre sensible à distance la pré-

(1) Dans sa petite brochure publiée en 1842, sous le titre de *Télégraphe de jour et de nuit*, M. Chatau donne les détails suivants sur la disposition qu'il a adoptée en Russie pour éclairer le télégraphe pendant la nuit :

« Mes lanternes et mes feux ne laissent rien à désirer. L'huile est le seul combustible employé. Les réservoirs sont à l'abri des froids les plus intenses. Les lampes sont à niveau constant, à mèche plate. Le foyer lumineux ne craint ni la pluie, ni le vent le plus violent, ni les mouvements les plus rapides du télégraphe. Ce foyer se maintient à un degré d'éclat suffisant durant vingt heures, sans demander aucun soin, pourvu qu'on emploie de l'huile bien épurée et de bonnes mèches. Bien que la largeur des mèches ne soit que de 12 millimètres, tous les signaux sont distingués à la distance de 30 kilomètres ; ainsi on obtient une très-bonne transmission à 12 kilomètres, la plus grande distance qui doive exister sur une ligne télégraphique.

« Si une lanterne s'éteint, le stationnaire le sait à l'instant, et cette lanterne est bientôt rallumée; mais un pareil accident est extrêmement rare avec mon télégraphe, et je doute qu'il arrive trois fois par an sur une ligne de cent cinquante postes. Les lanternes portent un signe qui indique le côté de Varsovie ; chacune d'elles a, excepté aux postes extrêmes, deux réverbères, deux réservoirs et deux foyers. .... Si un verre se casse (ce qui arrive très-rarement), il faut quinze secondes pour enlever la porte dont le verre est cassé, et quinze secondes pour mettre une nouvelle porte, qui est toujours prête; mais les verres sont à l'abri de tout accident, une fois que mes lanternes sont posées au télégraphe. Quelle que soit la rapidité des mouvements du télégraphe, aucune lanterne ne peut s'ouvrir, ni se détacher, ni donner contre un poteau. »

sence de l'électricité par une action mécanique ou physique d'une intensité suffisante. Ce dernier pas fut heureusement franchi par la découverte bien connue du physicien danois OErsted. Dans l'année 1820, OErsted découvrit ce fait fondamental, que les courants électriques produits par la pile de Volta ont la propriété d'agir sur l'aiguille aimantée et de la détourner de sa position naturelle. Si l'on fait circuler autour d'une aiguille aimantée un courant voltaïque, on voit aussitôt l'aiguille dévier brusquement, osciller pendant quelques instants, et abandonner sa direction vers le nord. La possibilité d'appliquer ce fait remarquable à l'art télégraphique fut bien vite saisie par les physiciens. Voici, en effet, ce qu'écrivait Ampère très-peu de temps après la découverte d'OErsted : *D'après le succès de cette expérience, on pourrait, au moyen d'autant de fils conducteurs et d'aiguilles aimantées qu'il y a de lettres, et en plaçant chaque lettre sur une aiguille différente, établir, à l'aide d'une pile placée loin de ces aiguilles, et qu'on ferait communiquer alternativement par ses deux extrémités à celles de chaque fil conducteur, une sorte de télégraphe propre à écrire tous les détails qu'on pourrait transmettre, à travers quelques obstacles que ce soit, à la personne chargée d'observer les lettres placées sur les aiguilles. En établissant sur la pile un clavier dont les touches porteraient les mêmes lettres, et établiraient la communication par leur abaissement, ce moyen de correspondance pourrait avoir lieu avec assez de facilité, et n'exigerait que le temps nécessaire pour toucher d'un côté et lire de l'autre chaque lettre* (1).

« Le principe de la déviation de l'aiguille aimantée par l'influence d'un courant électrique a servi, en effet, à construire deux télégraphes : ceux de Richtie et d'Alexander d'Edimbourg. Cependant ces appareils présentaient un vice capital, qui devait singulièrement en compliquer le jeu : c'était la nécessité d'employer un grand nombre de fils métalliques pour indiquer les diverses lettres de l'alphabet. Le télégraphe proposé par Alexander exigeait trente fils de cuivre. Ainsi le problème n'était pas encore résolu, et la télégraphie électrique, pour atteindre son point de perfection, réclamait de nouvelles découvertes dans les propriétés de l'agent électrique. Elles ne se firent pas attendre. En 1820, M. Arago observa ce fait fondamental, que l'électricité circulant autour d'une lame de fer doux, c'est-à-dire de fer parfaitement pur, communique à ce métal les propriétés de l'aimant. Si l'on enroule autour d'une lame de fer doux plusieurs tours de fil de cuivre, et que l'on fasse passer dans ce fil un courant électrique, en le mettant en communication avec une pile en activité, aussitôt la lame métallique est aimantée, c'est-à-dire qu'elle acquiert la propriété d'attirer, comme l'aimant, un morceau de fer. L'aimantation cesse dès que l'on interrompt le courant, de telle sorte qu'en établissant et rompant alternativement la communication avec la pile, on peut successivement donner et enlever au fer son aimantation. C'est sur ce fait capital de l'aimantation temporaire du fer par les courants électriques qu'est fondé le principe essentiel de la télégraphie électrique moderne. Supposons en effet qu'il s'agisse d'établir une communication électrique entre Paris et Rouen. Plaçons à Paris une pile voltaïque en activité, étendons jusqu'à Rouen le fil conducteur de la pile et enroulons à Rouen l'extrémité de ce fil conducteur autour d'une lame de fer doux. Le fluide électrique, en circulant autour de la lame de fer, l'aimantera, et si l'on place au-devant de cette lame ainsi artificiellement aimantée un disque de fer mobile, aussitôt ce disque sera attiré et viendra se coller contre l'aimant. Maintenant, que l'on interrompe le courant électrique, en supprimant la communication du fil conducteur avec la pile : au sitôt la lame de fer doux revient à son état habituel, elle cesse d'être aimantée, elle n'attire plus le disque de fer. Or admettons que, pour se porter vers l'aimant, la pièce de fer ait eu à vaincre la résistance d'un petit ressort ; dès que le courant sera interrompu, le petit ressort ramènera la pièce de fer mobile à sa position primitive, puisque la puissance de l'aimant ne contre-balancera plus la tension du ressort. Ainsi, chaque fois que l'on établira et que l'on interrompra le courant, la pièce de fer sera portée en avant, puis repoussée en arrière ; par la seule action de la pile, on pourra exercer de Paris à Rouen une action mécanique qui donnera naissance à un mouvement de va-et-vient. L'aimantation temporaire du fer par l'influence d'un courant électrique donne donc le moyen d'exercer, à travers l'espace, un effet d'attraction et de répulsion ; la pile voltaïque permet, à travers toutes les distances, de mettre un levier en mouvement. Tel est le principe fondamental de la télégraphie électrique. En effet, ce mouvement de va-et-vient une fois produit, la mécanique nous offre vingt moyens différents d'en tirer parti pour l'appliquer au jeu des télégraphes. Rien de plus varié que les procédés que l'on a mis en œuvre pour utiliser cette action mécanique. Les différentes combinaisons imaginées pour l'application de l'électricité à l'art des signaux ont donné naissance à autant de télégraphes particuliers, qui, bien qu'identiques dans leur principe, diffèrent cependant beaucoup entre eux par les détails secondaires de leur mécanisme. Nous n'entreprendrons pas la tâche beaucoup trop longue de décrire en particulier chacun de ces instruments. Les personnes que cette question intéresse trouveront la description des divers appareils de ce genre dans le traité spécial publié sur cette matière par M. Moigno. Il nous suffira d'exposer, selon l'ordre historique, la constitution des systèmes de télégraphie électrique établis suc-

(1) *Annales de physique et de chimie*, t. XV, p. 73.

cessivement aux Etats-Unis, en Angleterre, en Allemagne et en France.

« Le télégraphe électrique, qui fonctionne depuis sept ans aux Etats-Unis, a été imaginé et construit par M. Samuel Morse, professeur à l'université de New-York. M. Morse a été longtemps regardé comme le premier et le seul inventeur du télégraphe électro-magnétique. Cette gloire lui est cependant disputée aujourd'hui par de nombreux rivaux. On nous permettra de ne pas toucher ici à cette question de priorité, débattue de part et d'autre avec une passion infatigable. Il est bon, il est juste de rapporter à leur véritable auteur la gloire de ces découvertes immortelles qui changeront un jour les destinées de l'humanité; mais quand une question de ce genre est obscure, complexe, hérissée de difficultés de toute espèce, il est permis d'en suspendre l'examen. M. Wheatstone disait en 1838 qu'il avait recueilli pour sa part les noms de soixante-deux prétendants à la découverte du télégraphe électro-magnétique. Jusqu'à plus ample informé, nous nous en tiendrons aux allégations de M. Morse, en laissant toutefois reposer sur lui la responsabilité de ses assertions. M. Morse, qui prétend à l'honneur d'avoir le premier conçu l'idée de la télégraphie électrique telle qu'elle est établie aujourd'hui, assure qu'il a imaginé son télégraphe électro-magnétique le 19 octobre 1832. Il revenait de France aux Etats-Unis, à bord du paquebot *le Sully*. Dans une conversation avec les passagers, on parla de l'expérience de Franklin, qui avait vu l'électricité franchir, dans un instant inappréciable, la distance de deux lieues. Il lui vint aussitôt à la pensée que, si la présence de l'électricité pouvait être rendue visible dans une partie du circuit voltaïque, il ne serait pas difficile de construire un système de signaux par lesquels une dépêche serait instantanément transmise. Pendant les loisirs de la traversée, cette idée grandit dans son esprit; elle devint fréquemment l'objet des conversations du bord. On lui opposait difficultés sur difficultés, il les surmontait toutes. Au terme du voyage, le problème pratique était résolu dans sa pensée. En quittant le paquebot, M. Morse s'approcha du capitaine William Pell, et lui prenant la main : *Capitaine*, lui dit-il, *quand mon télégraphe sera devenu la merveille du monde, souvenez-vous que la découverte en a été faite à bord du paquebot* le Sully. Une semaine après son retour, M. Morse s'occupa de préparer les bases pratiques de son système de télégraphie; cependant, en raison de difficultés et de longueurs aisées à concevoir, ce ne fut que cinq ans après qu'il put l'établir. Les premières expériences qu'il exécuta, à l'invitation du congrès des Etats-Unis, eurent lieu le 2 septembre 1837, sur une distance de quatre lieues, en présence d'une commission de l'Institut de Philadelphie et d'un comité pris dans le sein du Congrès. Sur les rapports extrêmement favorables de ces deux commissions, le Congrès, par un acte passé le 3 mars 1843, accorda une somme de 30,000 dollars (150,000 fr.) pour de nouvelles expériences sur une échelle plus étendue. C'est à la suite de ces derniers essais, dont les résultats furent sans réplique, que le système télégraphique de M. Morse fut établi tel qu'il existe aujourd'hui aux Etats-Unis. Il commença à fonctionner régulièrement dans les premiers mois de l'année 1844.

« Il sera utile, avant d'aller plus loin, de donner une description succincte du télégraphe électro-magnétique américain. A la station où les dépêches doivent être reçues, se trouve un aimant temporaire de fer doux, ayant la forme d'un fer à cheval, autour duquel vient s'enrouler l'extrémité du fil conducteur du télégraphe. Une pièce de fer mobile est placée en regard de cet aimant, et est attirée vers lui lorsque passe le courant électrique. Cette pièce de fer mobile est armée d'un petit levier recourbé qui porte un crayon. Sous ce crayon est un ruban de papier qui marche continuellement à l'aide de rouages d'horlogerie. D'un autre côté, à la station d'où partent les dépêches, il existe une pile voltaïque en communication avec le fil conducteur; ce fil est interrompu sur un point de son trajet, à peu de distance de la pile. Les deux extrémités disjointes du fil conducteur sont plongées dans deux coupes contiguës contenant du mercure, de telle manière qu'on peut établir ou interrompre à volonté le courant, en plongeant ces extrémités dans la coupe remplie de mercure ou en les retirant. Quand on établit le courant électrique, ce qui se fait en plongeant les deux extrémités du fil dans les deux coupes, le fer à cheval est instantanément aimanté; il attire à lui la pièce de fer doux et, par ce mouvement, le crayon vient porter sur le papier tournant; quand le circuit est interrompu, le magnétisme du fer à cheval disparaît, et le crayon s'éloigne du papier. Lorsque le circuit est ouvert et fermé rapidement, il se produit sur le papier de simples points; si au contraire il reste fermé pendant un certain temps, la plume trace une ligne d'autant plus longue que la durée du circuit a été plus prolongée; enfin, rien n'est tracé sur le papier tant que le courant est interrompu. Ces points, ces lignes et ces espaces blancs conduisent à une grande variété de combinaisons. M. Morse a construit un alphabet à l'aide de ces éléments. C'est ainsi que l'on écrit :

A B C D E, etc.

« Le télégraphe américain est, comme on le voit, un instrument qui écrit lui-même les dépêches qu'il transmet. C'est évidemment une disposition des plus avantageuses en ce que le texte même du message peut être conservé et reproduit, s'il est nécessaire, avec toutes les conditions voulues d'authenticité. En outre, la présence d'un employé à la station où la dépêche est expédiée n'est pas absolument nécessaire, puisqu'elle s'imprime elle-même sans que l'on ait besoin de surveiller son inscription. Le

premier modèle de ce genre de télégraphe, construit par M. Morse, employait un crayon de mine de plomb. Comme il fallait à chaque instant aiguiser ce crayon, on le remplaça par une plume à laquelle un réservoir fournissait constamment de l'ancre. Cette plume donna d'assez bons résultats, mais l'écriture parut confuse ; d'ailleurs, si la plume s'arrêtait quelque temps, l'ancre s'évaporait et laissait dans la plume un sédiment qu'il fallait retirer avant de la mettre de nouveau en activité. Ces difficultés forcèrent l'inventeur à rechercher d'autres manières d'écrire. Après bien des expériences, il s'arrêta à l'emploi d'un levier d'acier à trois pointes, qui imprime sur le papier tournant des traces très-nettes et très-durables. Ces pointes métalliques laissent sur le papier, qui est très-épais, des marques qui ne le percent pas, mais qui s'y impriment en relief, comme les caractères à l'usage des aveugles (1).

« M. Morse avait d'abord enfoui sous terre les fils de fer qui forment les conducteurs, en les enveloppant d'une substance isolante. Il eut plus tard l'idée de les placer le long de la voie des chemins de fer, en les soutenant en l'air à l'aide de poteaux. Comme cette disposition si avantageuse a été adoptée depuis pour la plupart des lignes télégraphiques, nous la décrirons en quelques mots. Voici donc comment le fil conducteur est élevé et soutenu le long de la voie : des poteaux de bois, solidement plantés à la distance de vingt ou trente mètres, supportent le fil à la hauteur de deux ou trois mètres au-dessus du sol. Sur ces poteaux sont placées des plaques de porcelaine, de verre ou de terre cuite, destinées à isoler le fil, et qui sont protégées contre la pluie par de petits toits de zinc ou de fer; car, s'il arrivait que les poteaux fussent mouillés, et que les supports isolants le fussent aussi, l'isolement serait imparfait, il s'établirait des courants dérivés, et il faudrait des piles beaucoup plus énergiques pour conserver au courant principal une intensité suffisante. De cinq cents mètres en cinq cents mètres, on place des poteaux plus forts, que l'on appelle *poteaux de traction*, sur lesquels on établit des espèces de cabestans propres à tendre le fil et à prévenir de trop grandes inflexions. Cependant cette disposition pour la pose des fils conducteurs n'est pas la seule adoptée aux Etats-Unis. Comme on recherche avant tout l'économie, dans le but de multiplier autant que possible les lignes, on prend en général la voie la plus courte, et l'on n'hésite pas à placer les conducteurs sur le bord des grandes routes, ou même à travers champs. Sur le trajet des routes, le fil est soutenu, comme le long de la voie des chemins de fer, par des poteaux de bois de sapin. Si la ligne prend à travers la campagne, on utilise souvent les arbres sur pied; on élague les branches, et le tronc, resté debout, sert de support au fil télégraphique. S'il se rencontre une rivière, un bras de mer qu'on ne puisse franchir, on recouvre le fil de *gutta-percha*, et on le place tout simplement sous l'eau. C'est ainsi que le télégraphe de New-York à Washington possède seize lieues de fils plongés dans l'eau salée. Le *gutta-percha* étant une substance très-adhésive et qui jouit d'une propriété isolante très-prononcée, on n'a rien à redouter sur la dissémination du fluide électrique dans l'eau salée. Comme les fils établis dans les champs ont besoin d'être surveillés, on a intéressé à leur conservation les propriétaires des terrains traversés, en leur accordant la faculté de transmettre gratuitement les dépêches qui les concernent. En retour de cet avantage dont ils sont très-jaloux, ils gardent et surveillent avec soin la portion de ligne établie sur leurs terres.

« La télégraphie électrique occupe aux Etats-Unis une étendue immense ; elle relie le golfe du Mexique aux forêts du Canada. L'une des lignes télégraphiques partant de Burlington-Vermont, sur la frontière du Canada, traverse Boston, New-York et Washington, en passant par Baltimore et Philadelphie; elle parcourt la Virginie, la Caroline, la Géorgie, et descend par Richemond, Raleigh, Colombia, Augusta et Mobile, jusque vers le golfe du Mexique, et jusqu'à l'embouchure du Mississipi, qu'elle atteint à la Nouvelle-Orléans. Une seconde ligne principale part de cette dernière ville et remonte les vallées du Mississipi et de l'Ohio jusqu'à Louisville. Quelques autres partent des côtes de l'Océan pour se diriger vers le centre du pays, en remontant vers les grands lacs qui le bornent au nord. La ligne de Burlington-Vermont présente une étendue considérable, en raison de la grande distance qui sépare les villes qu'elle doit relier. Entre Burlington-Vermont et Boston, elle a 116 lieues à parcourir; entre Boston et New-York, 102 lieues; entre New-York et Washigton, 137 lieues ; entre Washington et Colombia, 205 lieues ; entre Colombia et la Nouvelle-Orléans, 485 lieues. La ligne de la Nouvelle-Orléans à Louisville présente, y compris les embranchements, une étendue de 460 lieues. Depuis l'année 1845, dans tous les Etats de l'Union américaine, le télégraphe électrique a été mis à la disposition du public. Au mois de décembre 1844, M. Morse écrivait au Congrès des Etats-Unis pour l'engager à

(1) L'emploi du crayon est évidemment bien préférable à celui de ces pointes d'acier auquel M. Morse a été contraint d'avoir recours par suite de la difficulté qu'il a éprouvée à faire retailler le crayon à mesure qu'il s'use par le travail. M. Froment a parfaitement résolu cette difficulté. Il a construit un appareil de ce genre portant un crayon qui se taille lui-même en écrivant, parce qu'il tourne continuellement sur son axe, tout en exécutant ses mouvements ; ce frottement contre le papier use le crayon dans le sens convenable pour l'entretenir constamment taillé. Les signes formés par ce télégraphe présentent la forme de spirales successives reliées par des traits en carré dans la forme de l'ornement architectural connue sous le nom de *Grèque*.

D'après le nombre de ces traits, on peut construira un alphabet en chiffres qui suffit à toutes les nécessités de la correspondance.

s'emparer de sa découverte dans un but d'intérêt général et comme source importante de revenu pour le Trésor. Quelques mois après, le *Comité des routes*, dans un rapport au Congrès, concluait au monopole du télégraphe électrique par l'Etat, en le considérant comme une branche nouvelle du *post-office* (poste aux lettres), et par suite, comme un cas prévu par la constitution. Mais l'existence d'un tel monopole ne s'accordait pas avec les habitudes et les mœurs de la république américaine. Le Congrès rejeta cette proposition, et abandonna à la concurrence industrielle l'exploitation du service général de la télégraphie nouvelle. Le gouvernement se réserva seulement l'usage d'un ou deux fils sur les lignes établies. Aussi la concurrence n'a-t-elle pas tardé à multiplier singulièrement le nombre des lignes et à perfectionner les appareils; entre certaines villes il existe quelquefois deux établissements rivaux pour l'exploitation de la correspondance électrique. Toutes ces circonstances ont contribué à donner, aux Etats-Unis, une extension remarquable à la télégraphie électrique, et depuis plusieurs années, elle rend au commerce, à l'industrie, aux relations privées des citoyens, des services qui sont de tous les jours et de tous les instants. Grâce à cet agent merveilleux, les commerçants américains sont instantanément informés du départ et de l'arrivée des navires dans les ports de l'Océan, des mercuriales, du prix des cotons et des cafés dans les différentes villes du littoral et de l'intérieur. Les producteurs du pays qui expédient des blés, des cotons, des bestiaux et des fourrures par les fleuves l'Ohio et le Mississipi, sont avertis, pendant tout le cours de cette longue navigation, des différentes particularités et des accidents qui peuvent signaler le voyage, des variations du temps pendant la traversée, et enfin du moment précis de l'arrivée des bateaux. Les particuliers ont aussi recours au télégraphe électrique dans un grand nombre de cas où son usage vous surprendrait beaucoup: par exemple, pour transmettre des mandats de payement; en un mot, le télégraphe électrique est pour eux une seconde poste aux lettres, qui souvent n'est guère moins occupée que son aînée. Aussi la plupart des lignes télégraphiques, surtout dans les villes importantes telles que New-York, Boston et Washington, sont-elles presque toujours employées au service du public; il faut souvent attendre plusieurs heures son tour de transmission, et il arrive quelquefois que les bureaux doivent rester ouverts une partie de la nuit. Les journaux américains, si nombreux et si utilement remplis, donnent chaque jour un grand nombre de renseignements arrivés par la même voie. Il est même assez remarquable que, grâce au télégraphe électrique, les nouvelles d'Europe sont connues à New-York deux jours avant l'arrivée du bateau-poste d'Europe, et voici comment: en arrivant en Amérique, le paquebot touche à Halifax; là on fait rapidement un résumé des nouvelles qu'il apporte, et ce résumé, immédiatement transmis à New-York par le télégraphe électrique, arrive par conséquent dans cette dernière ville avant le paquebot lui-même, qui doit employer deux jours pour cette dernière traversée.

« Le tarif pour l'expédition des dépêches du public est fixé comme il suit: sur la ligne de New-York à Washington, 25 centimes par mot sans y comprendre la date, l'adresse et la signature de l'expéditeur; sur la ligne de Boston à New-York, 1 franc 25 centimes pour les dix premiers mots, et 10 centimes pour chaque mot suivant. Les journaux jouissent d'une réduction sur ce tarif.

« La télégraphie électrique n'a pas fait en Angleterre des progrès moins rapides qu'aux Etats-Unis. La plupart des lignes de télégraphie électrique qui fonctionnent aujourd'hui sur les chemins de fer anglais, ont été créées par M. Wheatstone, dont le nom mérite une place à part dans l'histoire de la grande invention qui nous occupe. S'il n'est pas authentiquement prouvé qu'il ait le premier conçu l'idée de la télégraphie électro-magnétique, on ne peut contester cependant qu'il ne l'ait le premier réalisée d'une manière pratique. C'est à lui qu'appartient en effet l'honneur d'avoir le premier rattaché deux villes entre elles par un lien de correspondance électrique. C'est à lui qu'il revient encore d'avoir fondé la théorie de ces phénomènes et d'avoir élevé les procédés de cet art nouveau à un degré de perfection remarquable.

« M. Wheatstone, l'un des physiciens les plus distingués de notre époque, fut conduit à l'invention de ses appareils télégraphiques par les expériences qu'il fit en 1834 sur la vitesse de transmission de l'électricité. Il s'assura que cette vitesse est de 333,800 kilomètres par seconde, ou si l'on veut, que l'électricité pourrait faire, dans l'espace d'une seconde huit fois le tour du globe. Pour exécuter ces expériences, il avait employé des fils de plusieurs lieues. Les effets produits par l'électricité à d'aussi grandes distances lui prouvèrent que les communications télégraphiques par l'électricité étaient non-seulement possibles, mais très-praticables. Il se mit donc à rechercher les appareils les plus convenables pour réaliser son projet, et il arriva bientôt aux résultats les plus satisfaisants. Le premier télégraphe construit par M. Wheatstone fut établi en 1838 sur une partie du chemin de fer de Londres à Liverpool; il était fondé sur le principe de la déviation des aiguilles aimantées par l'influence du courant voltaïque, et se composait de cinq fils qui servaient à faire apparaître instantanément les diverses lettres de l'alphabet. L'emploi de cinq conducteurs était une complication sérieuse et une aggravation de dépenses. Aussi ce système fut-il bientôt abandonné par l'inventeur, qui construisit de nouveaux appareils fondés sur le principe de l'aimantion temporaire par les courants électriques. Le système télégraphique, imaginé en 1840 par M. Wheatstone, et qui a fonctionné quelque temps sur les

lignes anglaises, porte le nom de *télégraphe à cadran*. Indiquons rapidement les principes sur lesquels reposent le mécanisme et le jeu de ce bel instrument. Aux deux extrémités de la ligne télégraphique, on place deux cadrans circulaires parfaitement semblables et qui portent inscrits sur leur circonférence les vingt-quatre lettres de l'alphabet et les dix chiffres de la numération. Ces deux cadrans communiquent entre eux par le fil conducteur de la pile. A l'aide de dispositions mécaniques convenables, chacune des lettres du cadran peut, par l'action du courant voltaïque établi ou interrompu, se détacher du cercle et venir se placer au-devant d'une sorte d'indicateur qui permet de la lire. Ces deux cadrans placés aux deux stations extrêmes sont liés entre eux de telle manière, que les mouvements qui s'exécutent sur l'un sont répétés exactement et au même instant par l'autre. D'après cela, si l'on fait passer l'électricité fournie par la pile dans le conducteur qui relie les deux cadrans, et qu'à la station d'où partent les dépêches on amène successivement les diverses lettres de l'alphabet devant l'indicateur, les mêmes lettres se détachent instantanément sur le cadran placé à la station extrême. On peut transmettre ainsi quarante lettres au moins par minute et faire immédiatement la lecture des mots transmis. Malgré tous les avantages qu'il présente, le télégraphe à cadran de M. Wheatstone a cessé d'être employé en Angleterre. Le système adopté par son auteur pour faire apparaître les lettres sur les cadrans offrait dans son maniement quelques difficultés, parce qu'au lieu d'avoir simplement recours à un effet mécanique, on avait cru devoir se servir de la force électro-magnétique. Cette disposition, plus élégante sans doute, amenait cependant certaines difficultés manuelles dont on ne pouvait triompher qu'avec une grande habitude et beaucoup de dextérité. Ce vice de construction auquel il était facile de remédier et que M. Froment a d'ailleurs, chez nous, si admirablement annulé dans son *télégraphe à clavier*, a fait renoncer en Angleterre à l'emploi des cadrans. Ils sont remplacés aujourd'hui par une nouvelle combinaison imaginée par M. Wheatstone, qui porte le nom de *télégraphe à double aiguille*. C'est l'instrument télégraphique réduit, on peut le dire, à sa plus simple expression. Il se compose uniquement en effet de deux aiguilles fixées chacune au centre d'un cercle ; elles peuvent se mouvoir autour du cercle, auquel elles appartiennent en s'arrêtant à volonté à l'un quelconque des points de sa circonférence. Ces aiguilles sont mises en mouvement à l'aide de deux manivelles ou poignées que l'opérateur tient dans chacune de ses mains. Le mouvement imprimé aux manivelles établit ou interrompt le courant électrique et l'aiguille peut, de cette manière, prendre sur la circonférence du cercle toutes les positions que l'on désire. Ces deux aiguilles et leurs cadrans sont fixés sur le panneau antérieur d'une sorte de grande boîte offrant l'aspect d'un tombeau antique. On sait que les Anglais aiment à donner à leurs meubles ou à leurs appareils cette forme que nous nous accordons, en France à trouver un peu lugubre.

« Les différentes positions que peuvent prendre les deux aiguilles ont servi à former un alphabet télégraphique. Les signes adoptés pour la désignation des lettres sont les suivants :

A un coup à gauche de l'aiguille de gauche.
B deux coups de la même aiguille à gauche.
C trois coups de la même aiguille à gauche.
D quatre coups de la même aiguille à gauche.
E un coup de l'aiguille de gauche et deux de l'aiguille de droite.
F un coup de l'aiguille de gauche et trois de l'aiguille de droite, etc.

« C'est, comme on le voit, un véritable alphabet de sourd et muet. M. Wheatstone a compté sur l'adresse, sur l'habitude particulière des employés pour suppléer à l'insuffisance du mécanisme de son instrument et à la simplicité de son vocabulaire. L'expérience a parfaitement justifié d'ailleurs la confiance qu'il avait mise dans les ressources infinies de l'organisation physique servie et réglée par l'intelligence. Le moyen physiologique supplée ici de la manière la plus heureuse à l'imperfection de la combinaison mécanique. Pour faire manœuvrer les aiguilles des cadrans, on a choisi en Angleterre de jeunes garçons de quinze ou seize années; on comptait avec raison sur la vivacité et la délicatesse de mouvements naturels à cet âge, pour se plier plus aisément aux conditions si nouvelles et si particulières de ce service. Ces enfants n'ont pas tardé, en effet, à acquérir une habileté prodigieuse à comprendre ce vocabulaire et à exécuter les signaux qui le composent. Rien n'égale leur dextérité dans le maniement pratique de ce langage de sourd et muet. Les aiguilles s'agitent sous leurs doigts avec la promptitude de la pensée ; les mouvements sont si pressés et si rapides, que l'œil a de la peine à les suivre. On lit en gros caractères sur les murs de la salle : *Ne dérangez pas les employés pendant qu'ils sont occupés à leurs appareils.* Cet avis est assez superflu, car pendant le cours de leur travail on voit les enfants causer, rire et s'occuper de ce qui se passe autour d'eux, comme s'ils exécutaient la besogne la plus simple et la plus indifférente. Il leur arrive même pendant l'expédition d'un message, de faire des *a parte* télégraphiques et d'assaisonner les dépêches qu'ils sont occupés à transcrire de quelques plaisanteries à l'adresse de leur camarade. On a observé, en effet, que les jeunes employés du télégraphe finissent par faire en quelque sorte connaissance avec les agents des autres stations qui correspondent habituellement avec eux. Cette espèce d'intimité est si bien établie, qu'ils savent reconnaître aux premiers mouvements des cadrans celui de leurs camarades qui se dispose à leur écrire. On entend quelquefois un des employés de

Londres s'écrier, en remarquant les mouvements de ses aiguilles que l'on commence à faire agir de Manchester, par exemple : *Ah ! voilà Georges qui est revenu !* Un autre, en voyant les premières oscillations de ses aiguilles que l'on fait marcher de Liverpool, s'assied devant son appareil d'un air de contrariété et de mauvaise humeur, en disant : *Allons ! c'est encore ce brutal de John qui est là-bas !* Ces sentiments d'antipathie qui s'établissent ainsi entre les employés d'une même ligne vont quelquefois au point de forcer l'administration à les séparer; c'est ce que l'on fit récemment sur la ligne de Londres à Birmingham, où deux jeunes gens étaient sans cesse occupés à se quereller et à échanger des injures par le télégraphe.

« Le langage télégraphique permet d'obtenir une vitesse de transmission telle, que l'on expédie facilement en trois secondes un mot d'une longueur ordinaire, ce qui revient à une vingtaine de mots par minute. En cas d'accident arrivé à l'appareil, on peut écrire avec une seule aiguille au moyen d'un alphabet différent préparé pour ces sortes de cas. Mais alors la vitesse n'est plus que de huit à neuf mots par minute. Les fils conducteurs employés en Angleterre sont de cuivre. Ils sont, comme en Amérique, suspendus à trois ou quatre mètres de hauteur sur des poteaux de bois de sapin ; mais on les établit avec plus de solidité et on les préserve de l'action destructive de l'atmosphère par la galvanisation, c'est-à-dire en les enveloppant d'une légère couche de zinc qui les défend de l'oxydation. Cependant l'usage des fils souterrains commence à se répandre en Angleterre. Notons en passant qu'un seul conducteur suffit pour le service d'un télégraphe ; l'expérience a démontré, en effet, que le sol peut fonctionner comme un conducteur excellent, de telle sorte que, au lieu d'employer comme autrefois un second fil destiné à compléter le circuit, on se contente aujourd'hui de placer, à la station extrême, le bout du conducteur en contact avec un des rails du chemin de fer; l'électricité retourne à la pile par le conducteur naturel que forme la terre. Cette heureuse modification est d'ailleurs mise en usage aujourd'hui dans les télégraphes électriques de tous les pays.

« Voilà les principales dispositions adoptées en Angleterre pour l'application de l'électricité à la correspondance télégraphique. Nous avons dû seulement négliger ici la description d'un grand nombre d'appareils accessoires qui sont indispensables pour assurer la régularité et la commodité du service : tels sont, par exemple, les moyens de sonner la cloche qui avertit les stationnaires de se préparer à recevoir et à lire une dépêche; le mécanisme très-simple qui permet de faire savoir à la station du départ qu'un mot ou une lettre n'ont pas été compris ; l'appareil qui sert à indiquer que le fil ne fonctionne pas, qu'il a été brisé, et le point probable de la ligne où il s'est rompu; enfin la machine qui, si on le désire, peut imprimer les dépêches à mesure qu'elles sont transmises. Personne n'ignore qu'en Angleterre la télégraphie électrique est exploitée aujourd'hui sur une échelle très-considérable. Depuis 1846, une compagnie puissante, connue sous le nom de *Compagnie du télégraphe électrique*, s'est formée pour étendre ce genre de communication à toutes les villes importantes de l'Angleterre et de l'Ecosse. Elle a fait élever, en 1848, un établissement magnifique dans la cité de Londres, à proximité de la Bourse et du quartier de la Banque. Ces bâtiments forment le point de jonction où viennent aboutir les lignes télégraphiques qui rayonnent de soixante villes importantes. Londres se trouve ainsi mise en communication instantanée avec Cambridge, Norwick, Portsmouth; avec Birmingham, Stratford, Derby, Nottingham, Liverpool, Manchester, Glascow, Edimbourg, etc. Elle communique aussi de la même manière avec Folkstone et Douvres. Le bureau central de la compagnie se trouve relié avec toutes les têtes de chemins de fer qui ont des bureaux électriques, par des conducteurs qui passent dans les rues à travers des conduits souterrains. Ce bureau central communique ainsi avec toutes les lignes électriques d'Angleterre, et il correspond dans ce moment avec cent dix-huit stations ou bureaux électriques situés dans Londres et les autres villes importantes de la Grande-Bretagne. Depuis l'année 1847 jusqu'à cette année, la compagnie a étendu d'une manière remarquable les fils du réseau télégraphique. D'après un relevé donné récemment par M. Valker, 2,218 milles anglais (917 lieues de France) sont aujourd'hui occupés par les fils du télégraphe électrique, ce qui revient à dire qu'en Angleterre presque tout le parcours des chemins de fer se trouve muni de ces précieux appareils.

« Mieux éclairée et plus libérale que la nôtre, l'administration anglaise a mis dès les premières années le télégraphe électrique à la disposition du public. Tandis qu'en France nous jouissons à peine depuis quelques mois de ce précieux privilége, il existe en Angleterre depuis plus de six ans. La *Compagnie du télégraphe électrique*, qui, en Angleterre, a le monopole de toutes les communications télégraphiques, est chargée de l'exécution de ce service. Les correspondances du gouvernement ont lieu comme celles du public, par le bureau central de la compagnie ; seulement le gouvernement obtient, *par déférence*, la priorité pour le passage de ses dépêches. On assure même que ce privilége peut lui être contesté.

« Comme l'organisation des établissements publics de télégraphe électrique est de nature à intéresser nos lecteurs, nous donnerons une idée des dispositions intérieures du *Télégraphe central de Londres*. Le *Télégraphe électrique central* est situé dans la rue Lothbury, en face du mur extérieur de

la Banque. Quand on entre dans l'établissement, on trouve d'abord une grande salle commune éclairée par le haut et supportant trois galeries placées les unes au-dessus des autres. Au milieu de cette salle règne une longue table divisée par des rideaux verts en six compartiments ou pupitres. C'est là que le public est admis à écrire les communications destinées à être expédiées par le télégraphe. Les messages doivent être inscrits sur une feuille de papier à lettre, dont près de la moitié est déjà remplie par une formule imprimée, avec des blancs destinés à recevoir le nom et l'adresse de l'expéditeur, celui de la personne à qui la communication est adressée, le prix du message et celui de la réponse, la date et l'heure de la réception de la dépêche, enfin la date et l'heure à laquelle la transmission a été commencée et terminée. A mesure que les messages sont écrits, ils sont passés l'un après l'autre par un guichet vitré, dans une petite pièce appelée *bureau d'enregistrement*. Là il en est pris note, et on les marque d'un numéro d'ordre ; l'employé qui vient de faire cet enregistrement les place ensuite dans une petite boîte et tire le cordon d'une sonnette. Au même instant la boîte s'envole par une espèce de cheminée de bois et transporte son contenu à la partie supérieure de l'édifice dans la *salle des instruments*. Si l'on rejoint la dépêche en suivant la voie plus lente, mais plus commode, de l'escalier, on arrive dans une assez grande pièce où se trouvent disposés huit appareils télégraphiques destinés à transmettre dans les différentes directions le texte des messages. Chacun de ces appareils porte les noms des six ou huit stations avec lesquelles il correspond. En général, un employé suffit pour desservir trois de ces appareils.

« Quand les différents messages sont arrivés à l'étage des instruments, un employé les apporte sur l'appareil qui doit en faire l'expédition, et le jeune garçon chargé de ce travail se met aussitôt à l'œuvre. Il commence par faire sonner, à l'aide du courant électrique, une petite sonnette, qui donne simultanément l'éveil à toutes les stations de la ligne. Mais, tout en attirant ainsi l'attention des agents placés à chacune des stations, le bruit produit par les sonnettes cesse presque immédiatement partout, excepté à la station vers le nom de laquelle l'enfant dirige l'aiguille indicatrice. A ce signal, l'agent de cette station sait que le message qui va arriver n'est adressé qu'à lui, et au moyen d'un signal correspondant, il fait savoir à la station de Londres qu'il est à son poste, prêt à recevoir la communication annoncée. Notre jeune garçon saisit alors de ses deux mains les manivelles de cuivre qui font mouvoir les aiguilles, et se met à transcrire la dépêche, en faisant rapidement manœuvrer en divers sens cette poignée, qui imprime à ses aiguilles et à celles de son correspondant des mouvements convulsifs désignant telle ou telle lettre de l'alphabet électrique. Le message reçu à la station où il a été envoyé est immédiatement copié et remis à son adresse par un piéton attaché à l'établissement. Les dépêches expédiées des différentes stations du royaume et aboutissant à Londres sont reçues dans la même *salle aux instruments* d'où nous venons de voir partir un message. La manœuvre pour la réception est tout aussi simple que celle de l'envoi. Deux employés se tiennent au-devant de l'appareil occupé à transmettre une dépêche. L'un d'eux lit les mots à mesure qu'ils se présentent sur le cadran, et les dicte à son camarade. Cette dictée est si rapide que la plume a de la peine à la suivre. Si un mot n'a pas été bien compris, l'employé en informe immédiatement son correspondant par un signal particulier, et celui-ci recommence. Quand la dépêche est terminée, celui qui l'a reçue relit le manuscrit pour reconnaître si aucune erreur n'a été commise. L'heure et la minute de la réception sont notées ; la copie est signée et elle descend au bureau d'enregistrement où elle est transcrite sur un registre, et enfin envoyée à son adresse par un facteur. Le tableau suivant donnera une idée des prix assez élevés perçus par la *Compagnie du télégraphe électrique* pour l'expédition des dépêches adressées de Londres aux différentes stations provinciales :

Birmingham,	45 lieues,	39	centimes	par mot.
Derby,	53 »	42	»	»
Liverpool,	80 »	51	»	»
York,	87 »	54	»	»
Edimbourg,	170 »	78	»	»
Glascow,	188 »	84	»	»

« Indépendamment de la transmission des messages particuliers, la *Compagnie du télégraphe électrique* a établi, au centre des principales villes du royaume, des bureaux où l'on peut recevoir et d'où l'on peut expédier à toutes les autres stations des renseignements et des communications diverses. Il y a à chacune de ces stations une salle pour les abonnés, dans laquelle on affiche sur des tableaux, au fur et à mesure qu'elles arrivent, toutes les informations d'un intérêt public ou commercial, telles que le cours de la bourse de Londres, les mercuriales des différents marchés, le prix courant des marchandises dans les principaux centres manufacturiers, l'état de la mer et de l'atmosphère pris à neuf heures du matin dans les divers ports, l'arrivée et le départ des navires, les sinistres de mer, les nouvelles du *sport* et du parlement, les nouvelles générales, etc. Les communications de cette nature sont confiées, dans l'établissement central de Londres, à un département spécial nommé *département des nouvelles*, distinct du *département des messages privés*, et qui a pour mission exclusive de fournir des nouvelles aux salles de souscription d'Édimbourg, de Glascow, de Liverpool, de Leeds, de Manchester, de Hull, de Newcastle, etc. A sept heures du matin, tous les journaux de Londres sont apportés au chef de ce département, qui en extrait, pour être trans-

mises, sous une forme abrégée, aux différentes stations provinciales, les informations qu'il juge devoir être plus particulièrement utiles à chacune d'elles. Les journaux de ces diverses localités attendent, pour mettre sous presse, l'arrivée de ces communications électriques, et c'est ainsi que le négociant de Manchester reçoit, à huit heures du matin, des nouvelles que le chemin de fer n'apportera qu'à deux heures moins un quart, et qui ne parviendront à Édimbourg, par cette même voie, qu'à neuf heures et demie du soir. La plupart des journaux de province ont des abonnements au télégraphe électrique de Londres pour recevoir instantanément les nouvelles de la journée. Il en résulte un avantage précieux pour eux; car ils ont ainsi, sur les journaux de la capitale, une priorité qui tourne au profit de leur influence.

« Telles sont les dispositions intérieures de l'établissement central de télégraphie électrique à Londres. Ajoutons que l'édifice est décoré sur sa porte extérieure d'une horloge mise en mouvement par l'électricité; une petite pile met les aiguilles en mouvement. Si la compagnie adoptait pour son éclairage la lumière électrique au lieu du gaz, l'établissement, on le voit, serait complet dans son genre. Nous n'ajouterons rien au récit de ces faits. Pour les admirer il suffit de les connaître.

« La télégraphie électrique est assez avancée en Allemagne, car ce pays a suivi l'un des premiers la voie si heureusement ouverte par le génie américain; dans ce moment, elle est établie entre toutes les villes suivantes: Aix-la-Chapelle, Cologne, Elberferd, Hanovre, Brunswick, Hambourg, Berlin, Cassel, Dresde, Leipsig, Nuremberg, Augsbourg, Francfort-sur-le-Mein, Munich, Stettin, Breslau, Vienne, Pesth et Prague. La ligne télégraphique se continue même jusqu'à Trieste, Cracovie, Milan, Vérone et Venise. Le système adopté en Prusse est le télégraphe à cadran et à vocabulaire alphabétique, assez heureusement modifié par M. Siemens, de Berlin. Pour la pose des fils conducteurs, il se rapproche de celui des Etats-Unis, en ce qu'il est tout à fait indépendant des chemins de fer. La plus grande partie des fils est enfouie dans le sol, le reste disposé sur le bord des routes. Les conditions libérales accordées en Angleterre et aux Etats-Unis pour l'exploitation des télégraphes électriques n'ont pas été imitées en Allemagne. En Prusse et en Autriche, ce moyen de correspondance est la propriété exclusive et le privilége de l'Etat; cependant le gouvernement le livre sous son contrôle et sous sa surveillance, à l'usage du public.

« Les télégraphes électriques qui existent en Hollande et en Belgique sont soumis aux mêmes conditions. Le télégraphe électrique belge a été mis à la disposition du public depuis quelques années. Le taux pour la transmission des dépêches est le suivant:

			fr. c.
De Bruxelles à	Malines	de 1 à 20 mots.	2 50
—	Anvers.	—	2 50
—	Gand.	—	2 50
—	Ostende.	—	2 50
—	Liége.	—	7 50
—	Verviers.	—	2 50
—	Quiévrain.	—	7 50

« En Hollande et en Belgique, la télégraphie électrique n'a reçu encore qu'une extension assez faible; elle est néanmoins suffisante pour que, dans ce moment, Vienne Berlin et Bruxelles soient rattachées entre elles par un lien électrique. Comme, d'un autre côté, Bruxelles correspond directement avec Paris par une voie semblable, on voit que toutes les grandes capitales du continent européen profitent aujourd'hui des avantages de cette conquête précieuse de la science moderne. En résumé, on peut dès à présent correspondre directement de Paris avec Bruxelles, Cologne, Francfort-sur-le-Mein, Hanovre, Berlin, Hambourg, Leipsig, Dresde, Breslau, Vienne et Trieste. Lorsque le fil sous-marin qui, traversant l'Océan, doit faire communiquer Douvres et Calais, sera établi d'une manière définitive, cet admirable réseau, symbole futur de la paix universelle et de la mutuelle affection des peuples, sera complété sur toute son étendue. La pose du fil sous-marin tentée au mois de juin de l'année dernière a malheureusement rencontré certaines difficultés, et bien que les journaux anglais se plaisent à annoncer tous les mois l'heureure fin de l'entreprise, il est certain que dans ce moment les travaux sont loin d'être terminés. Cependant, comme les obstacles à vaincre sont assez médiocres en définitive, le retard apporté à l'exécution de ce projet admirable ne sera que momentané. »

« *La télégraphie électrique en France.* — Quand on se propose de faire connaître l'établissement de la télégraphie électrique en France, l'histoire de ses progrès en Amérique et en Angleterre est, il faut en convenir, un préambule d'un assez fâcheux effet. A côté de l'initiative hardie, des expériences brillantes, des résultats magnifiques obtenus à l'étranger, il faut se résigner à signaler chez nous des essais tardifs, timides, embarrassés, une réussite presque contestable. A de telles comparaisons, l'amour-propre national court les risques de plus d'un fâcheux mécompte.

« Tandis qu'en Angleterre et dans le nouveau monde, la télégraphie électrique se jouait, grâce au génie de Wheatstone et de Morse, de la distance et de l'espace, elle rencontrait en France une résistance obstinée. Enchaînée par ses habitudes de routine, notre administration fermait les yeux à la lumière des plus éclatants progrès. Sans la persévérance du savant qui eut la gloire de découvrir les phénomènes physiques sur lesquels repose le mécanisme du télégraphe électrique, il est probable que nous en serions encore à envier à nos voisins la possession de cet instrument merveilleux. C'est en effet à l'initiative de M. Arago que nous sommes redevables de l'existence dans notre

pays de la télégraphie électrique. Au mois de juin 1842, le gouvernement présenta à la chambre des députés une demande de crédit pour perfectionner la télégraphie aérienne. Il s'agissait d'expériences de télégraphie nocturne, et si nous ne nous trompons, on se proposait d'essayer le système d'éclairage de M. Jules Guyot. M. Pouillet était rapporteur du projet. Dans un rapport de ce genre il était bien difficile de se taire sur l'existence de la télégraphie électrique, dont les journaux étrangers apportaient par intervalles les plus étonnants récits. M. Pouillet en parla en effet, mais ce fut pour déclarer que la télégraphie électrique n'était qu'une utopie brillante qui ne se réaliserait jamais. Une telle assertion, émise par un juge aussi compétent, semblait devoir retarder indéfiniment l'installation de la télégraphie électrique en France. Heureusement M. Arago prit en main les droits de la science. Il énuméra, dans une improvisation brillante, les avantages de la télégraphie électrique ; il fit connaître les admirables résultats obtenus en Amérique par les instruments de M. Morse ; il prouva enfin qu'il était facile de créer en France des établissements analogues. Dès ce jour, les incertitudes, les résistances de l'administration durent cesser, et peu de temps après, le gouvernement envoya en Angleterre M. Foy, administrateur en chef des lignes télégraphiques, avec mission d'y étudier les nouveaux appareils électriques.

« A la suite des rapports de M. Foy, le gouvernement s'entendit avec M. Wheatstone pour l'établissement en France d'une ligne de télégraphie électrique. On stipula le prix qui serait accordé à l'inventeur pour l'emploi de ses procédés et la fourniture des instruments. M. Wheatstone vint à Paris. Mais au moment de prendre les arrangements définitifs, des difficultés regrettables s'élevèrent inopinément. M. Arago et les savants français prétendaient que les lignes établies en Angleterre n'embrassaient pas une étendue suffisante pour décider *a priori* que les communications entre deux villes très-éloignées telles que Paris et le Hâvre, Paris et Lyon, pussent se faire sans aucune station intermédiaire ; on exigeait donc des expériences spéciales. M. Wheatstone assurait, au contraire, que tout essai de ce genre était superflu, parce qu'il avait théoriquement et expérimentalement prouvé que le télégraphe électrique peut transmettre une dépêche à cent quarante lieues de distance sans aucune station intermédiaire. Les doutes de nos savants blessèrent un inventeur que huit années de travaux et de triomphes incontestés semblaient devoir affranchir d'un pareil contrôle. Ces premières difficultés en amenèrent d'autres ; bref, le conflit dégénéra en rupture complète. La commission instituée par le gouvernement pour l'établissement d'une ligne télégraphique de Paris à Rouen, crut pouvoir se passer des lumières du physicien anglais, et M. Wheatstone quitta Paris. Pour l'avenir de nos établissements de télégraphie électrique, il ne pouvait rien arriver de plus fâcheux. On va voir, en effet, à quels regrettables errements s'est laissée entraîner la commission livrée à ses seules lumières, et privée du concours et de l'expérience du savant illustre qui a doté l'Angleterre de son nouveau système de télégraphie. Il y avait bien des manières d'établir en France la télégraphie électrique. On pouvait adopter le système américain de M. Morse, dont la pratique attestait tous les jours la parfaite convenance. On pouvait employer les appareils à cadran imaginés par M. Wheatstone, que nous croyons pour notre compte le dernier mot de l'art. On pouvait prendre, en les modifiant, les combinaisons mécaniques adoptées par M. Steinheil ou par M. Jacobi, dans les télégraphes construits par ces savants en Allemagne et en Russie. La commission repoussa tout cela. M. Foy, qui présidait la commission et qui paraît avoir eu la haute main dans la direction de ses travaux, s'arrêta à l'idée étrange et bizarre de *faire exécuter par le télégraphe électrique les signaux ordinaires du télégraphe aérien.* Comment une idée pareille a-t-elle pu être accueillie par une commission formée d'hommes instruits et familiers avec toutes les difficultés et les exigences de la télégraphie électrique ? Nous l'ignorons ; toujours est-il que le projet de M. Foy fut adopté. M. Breguet construisit deux petits télégraphes longs de quelques pouces ; on les plaça aux deux extrémités de la ligne ; on tendit deux fils métalliques aboutissant à chacune des ailes de ces télégraphes, et, après de très-longs essais préalables, ce système fut définitivement installé le 9 décembre 1844. Il fonctionne aujourd'hui sur toutes nos lignes de télégraphie électrique.

« On se serait proposé de chercher le plus imparfait de tous les systèmes de télégraphie électrique, certes on n'aurait pas trouvé mieux. Nous allons essayer de le prouver. En premier lieu, le télégraphe Foy-Bréguet exige l'emploi de deux courants voltaïques et de deux conducteurs au lieu d'un seul courant et d'un seul fil que présentent tous les appareils employés aujourd'hui. En effet, pour faire agir une des branches de ce petit télégraphe aérien, il faut une pile, un courant, un fil conducteur, un mécanisme d'horlogerie formant les signaux ; pour faire agir l'autre branche, il faut une autre pile, un autre courant, un autre conducteur, un autre mécanisme d'horlogerie. Il faut faire travailler côte à côte ces deux appareils jumeaux qui cependant sont indépendants l'un de l'autre. On comprend tous les inconvénients qui découlent de cette inutile et malencontreuse complication. Les dépenses sont doublées ; mais ce qu'il y a de plus grave, c'est que les chances d'erreurs sont illimitées par suite des embarras continuels qu'amène la manœuvre de ces deux instruments isolés et cependant liés entre eux. Un autre inconvénient du système de M. Foy, et qui a tout autant de gravité que le précédent, c'est que le nombre des signaux est excessi-

vement restreint. Quand on voit manœuvrer ces télégraphes en miniature on est assez naturellement porté à croire qu'ils reproduisent fidèlement tous les signaux de l'instrument de Chappe; c'est là cependant une erreur qu'un peu d'attention fait aisément reconnaître. Les télégraphes de M. Foy ne donnent que tout juste la moitié des signaux consacrés à la correspondance du télégraphe aérien. Ceci exige, pour être compris, une courte explication. Le télégraphe de Chappe se compose, nous l'avons dit, de *trois pièces mobiles :* le régulateur et les deux ailes. Les ailes peuvent prendre quarante-neuf positions; ces quarante-neuf combinaisons graphiques sont vues sous deux aspects différents, selon que le régulateur est porté à l'oblique de droite ou à l'oblique de gauche : de là, deux fois quarante-neuf ou quatre-vingt-dix-huit signaux dans la télégraphie aérienne. Or le télégraphe électrique de M. Foy ne possède que *deux pièces mobiles,* les ailes. En effet, le régulateur, qui n'existe que pour la forme, est fixé dans la position horizontale, au lieu d'être mobile autour de son point d'appui comme dans le télégraphe de Chappe. Ce régulateur ne peut donc plus servir, comme celui du télégraphe aérien, à doubler par ses deux positions le nombre des combinaisons qui résultent de la situation des ailes. Le télégraphe électrique de M. Foy reproduit très-bien les quarante-neuf signaux du télégraphe aérien dans lesquels le régulateur est horizontal, mais il ne peut représenter un seul des signaux dans lesquels le régulateur est oblique ou vertical. Le vocabulaire du télégraphe de Chappe, destiné à la composition des dépêches, se compose, comme nous l'avons vu, de quatre-vingt-dix-huit figures. Le télégraphe Foy-Bréguet ne donne que quarante-neuf de ces figures; il ne fournit donc que la moitié des signaux qui forment le vocabulaire de la télégraphie aérienne. Pour justifier l'emploi du système qu'il a fait adopter sur les lignes françaises, M. Foy invoquait ce motif, qu'il désirait ne rien changer au personnel des employés de la télégraphie. Mais il est facile de voir, au contraire, que tout employé ayant l'habitude de manœuvrer le télégraphe aérien est par cela même impropre au service électrique. La raison en est simple. La manivelle qui fait tourner les ailes du télégraphe de Chappe se meut dans tous les sens, et l'employé doit, d'après le mécanisme de l'instrument, la tourner tantôt à droite, et tantôt à gauche; au contraire, dans le télégraphe électrique de M. Foy, la manivelle doit constamment tourner dans le même sens, et si l'employé, obéissant à l'empire de l'habitude, la ramène dans le sens contraire, l'aiguille est déplacée d'un cran et tout le système des signaux se trouve compromis. On a dit encore en faveur du télégraphe Foy-Bréguet, que les tronçons de lignes électriques devant se souder aux lignes aériennes dans la partie de la France où le réseau électrique n'est pas encore terminé, il sera plus commode pour le service, que le signal ne change pas de forme pendant le trajet. Cette observation serait fondée si le signal conservait sa forme, mais nous avons vu que le télégraphe de M. Foy ne donne que la moitié des signaux du télégraphe Chappe. Comme on ne peut pas s'astreindre à se priver ainsi volontairement sur les lignes aériennes de la moitié du vocabulaire, il est évident que les signaux doivent se transformer pour passer du système électrique au système aérien. D'ailleurs il doit exister tout au plus trois ou quatre de ces soudures, et cet état ne peut durer que quelques années; il serait peu logique, pour un avantage d'une durée si faible, de laisser s'établir parmi nous un système dont les inconvénients et les impossibilités parlent à tous les yeux. Il nous paraît donc indispensable d'abandonner le système que M. Foy a fait établir sur les lignes françaises; les embarras, les inconvénients sans nombre des dispositions actuellement adoptées en font une loi. Les appareils à cadran nous semblent appelés à remplacer la vicieuse combinaison en usage aujourd'hui. Si, néanmoins, l'administration tenait absolument à conserver pour le télégraphe électrique l'usage des signaux aériens, on pourrait dessiner ces signes sur un appareil à cadran et les faire successivement apparaître ainsi dessinés à la station extrême; on pourrait tracer sur un même cadran deux ou trois segments concentriques portant deux ou trois séries des signaux de Chappe. M. Froment a construit et livré à l'étranger quelques télégraphes électriques sur ce modèle. On pourrait encore, comme le propose M. Moigno, employer un certain nombre de cadrans portant tous des signes différents, quatre-vingt-douze cadrans, si l'on veut, pour correspondre aux quatre-vingt-douze pages du vocabulaire phrasique de l'administration. Remplacer un cadran par un autre serait une opération de quelques secondes; on indiquerait, par un signal particulier, celui des cadrans que l'on doit installer actuellement, celui des segments dont les signes vont être transmis et doivent, par conséquent, être remarqués et notés.

« Nous ne voyons pas néanmoins pourquoi on s'obstinerait à conserver dans la télégraphie électrique l'usage des signaux de la télégraphie aérienne. Il n'y a qu'une utilité très-contestable à combiner entre eux ces appareils qui ont été institués chacun en vue d'exigences très-diverses. Les inconvénients de cette fusion sont, au contraire, de la nature la plus grave. On limite en effet, par là, les ressources de la correspondance au répertoire très-borné du vocabulaire de Chappe. Et quelle nécessité d'enchaîner ainsi la langue des communications télégraphiques dans ce cercle étroit d'où elle ne pourra jamais sortir? Evidemment, le meilleur parti à prendre, c'est de renoncer à l'usage des signaux aériens et d'adopter le système à cadran. Un cadran circulaire portant les vingt-quatre lettres de l'alphabet et

les dix chiffres de la numération est parcouru par une aiguille qui, par un mécanisme approprié, s'arrête à volonté devant chacune de ces lettres. Deux cadrans parfaitement semblables étant disposés aux deux stations extrêmes, par exemple à Paris et à Rouen, les aiguilles des deux cadrans sont d'abord placées sur un même signe servant de point de repère; les cadrans sont ainsi réglés et mis d'accord. Si alors, sur le cadran de Paris, on amène successivement l'aiguille devant les différentes lettres qui doivent composer le mot, le mécanisme de l'appareil présente l'aiguille au-devant des mêmes lettres sur le cadran de Rouen. L'employé peut ainsi lire et noter successivement les mots qui lui sont transmis. Pour indiquer la fin du mot, il suffit, à la terminaison de chaque mot, de ramener l'aiguille à la position de son point de départ. Tel est le principe des télégraphes électriques que construit aujourd'hui M. Froment, et que nous avons vus fonctionner dans les ateliers de ce savant mécanicien. Le clavier qu'il a ajouté récemment à cet appareil, et dont le jeu repose sur une des combinaisons les plus remarquables de la mécanique, rend l'emploi de cet instrument plus facile et plus merveilleux encore. Ce clavier est semblable à celui des pianos, chaque touche portant une lettre ou un chiffre ; il suffit de poser le doigt sur une des touches pour que l'aiguille de l'autre station vienne se fixer sur la lettre correspondante. La main la moins exercée peut envoyer une dépêche en touchant sur le clavier les lettres qui la composent, sans craindre d'erreur provenant de l'appareil. Une touche frappée mal à propos n'amène aucune altération dans les signes suivants, et la disposition mécanique est si parfaite, que l'on peut promener au hasard et tant qu'on veut les doigts sur le clavier sans introduire le moindre désaccord entre les signes suivants. L'extrême simplicité, l'exactitude, la régularité du jeu de cet appareil, nous paraissent lui assigner le premier rang parmi les divers systèmes de télégraphes électriques exécutés jusqu'ici. C'est à grand tort que l'on objecterait qu'avec les appareils de M. Froment, le secret des dépêches ne serait pas suffisamment assuré. Pour réunir toutes les garanties nécessaires, il suffirait de prendre pour le vocabulaire une clef de convention, c'est-à-dire d'attacher aux lettres une valeur différente de leur signification habituelle, ainsi qu'on le fait pour les messages diplomatiques. Il faut bien remarquer d'ailleurs que cette question du secret des dépêches, si grave lorsqu'il s'agit de la télégraphie aérienne, n'a qu'une très-faible importance dans la télégraphie électrique. Le télégraphe aérien étale ses signaux à tous les yeux; il les déploie librement à la face du public, dont il semble provoquer sans cesse et irriter la curiosité. Aussi doit-on prendre des précautions de tout genre pour déjouer les surprises de commentaires intéressés. Mais avec le télégraphe électrique, rien ne transpire au dehors; non-seulement personne ne peut observer les signaux au passage, mais même aucun indice extérieur ne trahit le moment où la correspondance est en action. Toute surprise étrangère est donc impossible, et l'on n'a à se prémunir que contre l'indiscrétion de quelques employés. Le changement de la clef du vocabulaire suffit, et bien au delà, pour remplir cette condition. Ainsi la question du secret des dépêches, si grave, lorsqu'on fait usage du télégraphe de Chappe n'est qu'infiniment accessoire avec les appareils électriques.

« En résumé, nous croyons pouvoir conclure avec assurance que le système de télégraphie électrique aujourd'hui usité en France ne saurait être plus longtemps conservé. Des intérêts de toute nature en prescrivent l'abandon. Il sera bon alors de soumettre à un examen sérieux les appareils de M. Froment, ou plutôt il sera plus convenable et plus juste d'adopter une mesure depuis longtemps réclamée par les mécaniciens français et les constructeurs étrangers; il faudra ouvrir un concours de télégraphes électriques, en choisissant, pour juges, les savants les plus compétents sur la matière. Il appartiendrait à un gouvernement éclairé de prendre l'initiative de cette mesure, qui serait à la fois conforme à la justice, importante pour l'avenir de nos établissements de télégraphie, et en harmonie enfin avec l'esprit de nos institutions actuelles. Il serait d'autant plus urgent de s'occuper des perfectionnements que réclame le mécanisme de nos appareils, que depuis cinq ans la télégraphie électrique a subi en France une extension notable, et qu'elle semble vouloir regagner au milieu de nous le temps qu'elle a perdu. A l'heure où nous écrivons, vingt-cinq villes en France sont reliées par des conducteurs électriques, et ce système est destiné à acquérir un plus grand développement à mesure que s'étendra le réseau de nos lignes de fer. En mettant les télégraphes électriques à la disposition du public, la loi du 29 novembre 1850 a donné une satisfaction légitime à des besoins depuis longtemps exprimés; tout perfectionnement qui permettra de rendre plus sûr, plus commode et plus rapide le jeu de nos appareils électriques, sera donc reçu avec reconnaissance, parce qu'il constituera un nouveau et remarquable service rendu à la fois à l'administration et au public.

« La télégraphie électrique s'étend aujourd'hui à peu près sur tous nos chemins de fer en cours d'exploitation. Dans ce moment, la ligne de Paris à la frontière belge, celle de Paris à Calais et au Havre sont pourvues de conducteurs électriques qui mettent Bruxelles, le Havre et Calais en communication instantanée avec Paris. Le chemin de fer du Centre, qui s'étend jusqu'à Angers d'une part et jusqu'à Châteauroux de l'autre, et le chemin de Paris à Lyon, terminé maintenant jusqu'à Châlons-sur-Saône, sont également reliés avec Paris par un conducteur électrique. L'administration a le projet de munir de cette annexe pré-

cieuse chacune de nos voies ferrées, au fur et à mesure de leur terminaison (1). Conformément à la loi du 29 novembre 1850, le service de la télégraphie privée est organisé en France depuis le 1er mars de cette année. Il n'existe encore que sur quelques lignes, sur les chemins de fer du Nord et sur celui du Centre, mais il ne tardera pas à recevoir toute l'extension nécessaire.

« L'institution de la télégraphie privée est encore parmi nous de date trop récente pour qu'elle ait pris beaucoup d'importance; elle n'en est encore qu'à ses débuts. Dans les deux premiers mois on n'a guère expédié de Paris que 500 dépêches; c'est à peu près le travail que fait en un seul jour la télégraphie de Londres. Aussi le service est-il établi chez nous dans des proportions et sur une échelle infiniment plus modestes que chez nos voisins. C'est au ministère de l'intérieur qu'est placé le bureau qui doit recevoir et expédier les communications du public. Au fond de la grande cour du ministère, sous le télégraphe qui la décore, se trouve une grande voûte servant de passage; c'est à droite de cette voûte, au bout d'un corridor obscur, que l'on trouve une petite salle consacrée au service de la télégraphie privée. Cette pièce est divisée en deux parties par une cloison grillée et vitrée; derrière ce vitrage, trois ou quatre employés attendent le public. Tout se passe là assez bourgeoisement. Un employé vous présente une feuille de papier blanc sur laquelle vous inscrivez en termes aussi laconiques que possible votre missive que vous signez et dont vous acquittez le prix. La dépêche est ensuite portée dans la pièce suivante, où se trouvent deux petits télégraphes Foy-Bréguet. Traduite en signaux selon le vocabulaire de Chappe, elle est immédiatement transmise à sa destination.

« La taxe des dépêches privées est fixée d'après le tarif suivant :

			f.	c.
De Paris à	Rouen	de 1 à 20 mots.	4	68
—	Amiens	—	4	80
—	Arras	—	5	64
—	Lille	—	6	36
—	Calais	—	7	56
—	Valenciennes		6	36
—	Dunkerque	—	7	52
—	Orléans	—	4	56
—	Blois	—	5	28
—	Tours	—	5	88
—	Angers	—	7	20
—	Bourges	—	5	88
—	Nevers	—	6	72
—	Châteauroux		6	24

« La loi du 29 novembre 1850, qui a réglé les rapports du public avec l'administration des télégraphes, renferme plusieurs dispositions qui ont été l'objet de critiques assez vives (2). La nécessité de faire constater son identité pour être admis à expédier une missive, l'obligation d'écrire la dépêche en langage *parfaitement intelligible pour les employés*, enfin la faculté exorbitante accordée à ces derniers d'accepter ou de refuser la missive, sont des mesures marquées évidemment au coin d'une rigueur administrative des plus exagérées. Ces entraves, nous l'espérons, sont destinées à disparaître. Nous ne pouvons penser que l'administration ne consente à accorder au public l'usage d'un moyen de correspondance si précieux à tant d'égards, qu'à la condition de rendre son exécution difficile et parfois impossible. Malheureusement les considérations politiques ont toujours dominé et opprimé en France les questions d'intérêt public. Il serait temps cependant de comprendre que le gouvernement n'est pas précisément une abstraction posée en face de la société, ayant un but distinct et des intérêts opposés; mais que c'est, au contraire, la société elle-même administrant avec unité les intérêts communs à tous les citoyens, et que, par conséquent, tout ce qui contribue à augmenter les ressources, les moyens d'action et le bien-être des individus, doit tourner en même temps au profit de l'influence de l'Etat. Aucune entrave n'est apportée, en Angleterre et aux Etats-Unis, au droit de se servir des appareils télégraphiques; on a pensé que la signature de l'expéditeur apposée au bas de la dépêche était une garantie parfaitement suffisante pour sauve-garder tous les intérêts. Les conditions sont-elles assez différentes entre ces deux peuples et nous, pour justifier des mesures si opposées?

« Il s'est formé tout récemment à Paris deux entreprises industrielles connues sous le nom d'*Offices télégraphiques*, dont l'une a son siége rue Laffitte, et l'autre place de la Bourse. Elles ont pour but de recevoir, par la voie des télégraphes électriques étrangers et par le télégraphe français, des nouvelles des points les plus importants de l'Europe. Les agents de ces établissements vont tous les jours recevoir, au bureau du télégraphe public, les dépêches que leur expédient leurs correspondants de l'étranger. Nos journaux ont des abonnements aux *Offices télégraphiques*, et c'est par cette voie que les cours des principales bourses de l'Europe, et quelques nouvelles politiques ou commerciales, sont mis depuis quelque temps sous les yeux du public. Le cours de la

(1) Pour étendre à toute la surface de la France le réseau de la télégraphie électrique, il ne serait pas nécessaire d'attendre l'achèvement complet de nos chemins de fer. L'enfouissement des fils conducteurs sous le sol des grandes routes suffirait pour atteindre ce résultat. On a craint pendant longtemps que la télégraphie souterraine ne présentât pas toutes les conditions de sûreté et de régularité nécessaires; mais l'expérience a prononcé, et ce système qui fonctionne en Prusse et dans plusieurs parties de l'Amérique, avec toute l'exactitude désirable, a reçu de la pratique une sanction définitive. Rien ne nous empêcherait donc d'adopter cette disposition désormais éprouvée, qui nous permettrait de faire jouir des avantages de la télégraphie nouvelle toutes les parties de la France qui, comme nos départements du Midi sont encore dépourvues de voies ferrées.

(2) On trouvera à la fin de l'article, le texte de cette loi.

bourse d'Autriche, expédié de Vienne à quatre heures de l'après-midi, est ainsi connu à Paris dans la soirée.

« *Réponse aux objections contre l'usage de la télégraphie électrique. — Services qu'elle a rendus.—Messages télégraphiques.* — La télégraphie électrique, qui a si bien triomphé en Angleterre et aux Etats-Unis, a trouvé parmi nous d'assez nombreux adversaires. Le motif de la résistance ou plutôt de la tiédeur qu'elle eut à combattre se puisait surtout dans l'importance exagérée que l'on accordait à certains inconvénients attachés à son emploi. Il sera donc utile de résoudre ici brièvement les diverses objections qu'elle a suscitées.

« Dans une brochure intitulée *Des télégraphes aériens et électriques*, publiée en 1845, M. Ennemond Gonon a instruit d'une manière assez complète le procès de la télégraphie électrique. M. Gonon est l'inventeur d'un nouveau télégraphe aérien fonctionnant de jour et de nuit, et dans l'intérêt de son œuvre il a essayé de battre en brèche le système électrique. Il s'efforce donc de mettre en relief les avantages de la combinaison télégraphique dont il est l'inventeur, et de faire ressortir en même temps les inconvénients qui résultent de l'emploi des appareils électriques. Aussi trouverons-nous tout tracé dans la série de ses raisonnements le programme des objections que l'on a coutume d'élever contre l'usage de la télégraphie électrique. Il nous suffira, pour répondre à notre objet, d'emprunter à M. Gonon le texte de ses arguments et d'essayer ensuite de les réfuter.

« *On ne connaît pas encore*, dit M. Gonon, *le moyen de faire mouvoir le télégraphe électrique sûrement et perpétuellement à travers les mille variations de l'atmosphère ; et quoiqu'il ait été publié dans les journaux que le télégraphe électrique avait parfaitement fonctionné jour et nuit de Paris à Rouen, j'ose affirmer que c'est faux ; car depuis les premiers essais de ce télégraphe jusqu'aujourd'hui, on ne peut justifier qu'il y en ait un seul qui ait marché six heures de suite. Les inconvénients que présentent les variations de l'atmosphère sont déjà très-nombreux, et cependant tous ne sont pas encore connus. Je citerai comme exemple les forts brouillards et la pluie qui déchargent le fil conducteur le long des poteaux. Ce système a en outre des causes de déperdition dans l'application aérienne le long des chemins de fer. Lorsque la vapeur de la locomotive est portée sur le fil, elle fait l'office du brouillard et de la pluie ; elle termine le circuit ou l'affaiblit considérablement. Ce défaut se fait bien plus remarquer encore sous les tunnels, lors du passage des convois. Tout y est humide, tout y devient conducteur, et la perte devient énorme. Cette perte croîtra encore avec la prolongation de la ligne télégraphique. Le voisinage de la mer, les pays marécageux, etc., seront des causes de déperdition du courant dont on ne peut encore indiquer les limites* (1).

(1) *Des télégraphes aériens et électriques*, p. 45.

La pratique a suffisamment répondu à ces craintes. L'isolement des fils conducteurs est absolu. Sous les tunnels, comme sur les bords de la voie, le courant n'est jamais interrompu ni dissipé. Les métaux étant les conducteurs les plus parfaits du fluide électrique, on n'a aucune crainte de ce genre à concevoir. Aussi le courant se maintient-il avec la même régularité par les temps humides, durant la pluie, au milieu des plus épais brouillards. On a même remarqué que la pluie est quelquefois une condition plutôt favorable que contraire à la transmission des signaux.

« *La foudre*, ajoute M. Gonon, *attirée par ce long conducteur, peut le fondre instantanément dans plusieurs points de son parcours, et cette attraction, augmentée encore par le mouvement des convois, est un danger réel pour les voyageurs, quand bien même ils se trouveraient fort éloignés du lieu où l'orage éclate. Ce que j'ai fait connaître dans la dernière brochure publiée par moi sur les télégraphes électriques vient de se réaliser en partie. Voici ce qu'on lit dans le Constitutionnel du 15 juin dernier :* « Deux fois le tonnerre est tombé aux envi- « rons de Rouen. Il a frappé, au pont du « Manoir, les poteaux qui soutiennent les « fils conducteurs du télégraphe électrique, « dont il a ainsi momentanément intercepté « les fonctions entre Paris et Rouen. » *Si ce dernier événement n'a pas été plus fatal, c'est parce que, je l'affirme sans crainte d'être démenti, le télégraphe électrique n'était pas, comme on le dit, en fonction dans ce moment là ; car autrement il eût été dévoré d'un bout à l'autre par la foudre.*

« L'objection tirée de la présence de l'électricité libre dans l'atmosphère a un côté sérieux, bien qu'elle offre plus d'apparence que de gravité. Comme, d'ailleurs, beaucoup de personnes partagent les craintes manifestées à ce sujet par M. Gonon, il ne sera pas inutile d'examiner ici la question avec quelque détail.

« L'électricité qui existe à l'état libre dans l'atmosphère peut troubler en effet le jeu des appareils télégraphiques. Ces perturbations varient d'intensité selon l'état de l'atmosphère. Par un ciel serein, l'électricité répandue dans l'air n'exerce aucune action appréciable sur les instruments télégraphiques. Seulement, si le vent vient brusquement à changer, il s'établit un courant qui influence faiblement le fil conducteur ; dès lors l'appareil parle, c'est-à-dire que les signaux, subitement mis en jeu, exécutent pendant quelques instants de brusques oscillations. Si le ciel est couvert et les nuages fortement électrisés, quand le vent les chasse dans la direction du fil, ces nuages agissent sur le conducteur, et les signaux se mettent encore en branle. Dans ces deux cas cependant, ces effets n'ont rien de fâcheux, ils ne peuvent aucunement troubler le service, car les employés savent tenir compte de ces perturbations passagères. Mais si la foudre éclate, si l'étincelle électrique partant d'un nuage fortement électrisé vient à frapper le

sol, le fil métallique du télégraphe offrant à l'écoulement du fluide un passage facile, le conducteur peut être foudroyé. Quels sont les effets de ce coup de foudre? Quelquefois le fil est rompu, les communications sont alors interceptées entre les deux stations ; mais ces événements sont extrêmement rares, le fil étant d'un trop fort diamètre pour être aisément fondu. Dans tous les cas, si le fil est fondu, il ne l'est jamais que sur quelques points de sa continuité, et tout se borne à cette rupture. M. Gonon nous fait redouter que la foudre ne dévore le conducteur d'un bout à l'autre; c'est une crainte qui fera sourire les physiciens. Le plus souvent la foudre, en frappant le conducteur, n'a d'autre effet que de fondre le fil très-fin qui s'enroule autour de l'électro-aimant, c'est-à-dire de l'appareil qui forme les signaux; alors les communications sont arrêtées. C'est un accident qui s'est présenté quelquefois sur la ligne de Rouen. Quand la foudre vient frapper un conducteur télégraphique, tout le dommage est habituellement supporté par les poteaux placés le long de la voie. Ils sont renversés ou mis en pièces. M. Baumgartner a rapporté quelques faits de ce genre observés sur la ligne de Vienne. Le 17 août 1849, un orage qui avait éclaté à Ollmutz se propagea jusqu'à Triebitz, c'est-à-dire à une distance de 10 milles : un ouvrier employé à cette station à monter les fils ressentit une secousse qui le renversa, et il éprouva une véritable brûlure aux doigts qui avaient touché le métal. Le 25 août, par suite d'un autre orage à Ollmutz, l'électricité, conduite par les fils du télégraphe, foudroya un support aux environs de Brodek. Une partie du courant s'échappa dans le sol le long de ce support, une autre partie fila jusqu'à Prague; on put s'en assurer par l'inspection du conducteur dont l'extrémité était fondue. Dans la nuit du 18 au 19 juin 1849, un violent orage éclata entre Brunn et Reigem; la foudre brisa complétement deux supports et en endommagea neuf autres. Le 9 juillet, la foudre anéantit trois poteaux situés entre Kindberg et Krieglach, dans la Styrie, et respecta le fil conducteur. C'est encore aux environs de Kindberg que le tonnerre détruisit les supports télégraphiques le 19 juillet dernier. Les ouvriers occupés à proximité éprouvèrent un éblouissement, et l'on observa, à l'extrémité d'un des fils situés le long d'un poteau, une aigrette lumineuse. Ainsi, dans ces divers cas, les poteaux de bois avaient seuls supporté les effets de la décharge électrique. Si le coup de foudre n'a pas assez de violence pour endommager les supports placés le long de la voie, ou pour rompre le fil de l'électro-aimant, il peut cependant produire encore certains effets désagréables. La présence, dans les conducteurs, d'un excès d'électricité étrangère fait que l'électro-aimant est à diverses reprises fortement attiré et qu'il s'établit ainsi, dans l'appareil destiné à former les signaux, une série d'oscillations folles qui persistent pendant plusieurs minutes. Sur le télégraphe américain, qui, comme nous l'avons vu, écrit lui-même ses dépêches, on voit quelquefois l'instrument, subitement mis en action par l'électricité atmosphérique, inscrire sur le papier une série de signes confus et précipités : c'est l'éclair qui envoie son message et qui consigne lui-même sa présence par écrit. Ajoutons enfin que l'appareil télégraphique peut être influencé, bien que la foudre n'ait pas directement frappé le conducteur. Quand un nuage électrisé se décharge à quelque distance du fil du télégraphe, il s'établit aussitôt dans le conducteur un de ces courants électriques que les physiciens appellent *courant d'induction*, et qui est provoqué par le voisinage de la décharge atmosphérique; ce nouveau courant fait encore parler les appareils, mais ce dernier accident n'a aucune importance.

« Ainsi les troubles que peuvent provoquer les phénomènes électriques de l'atmosphère dans le sein des appareils télégraphiques n'ont, en définitive, rien de grave, et dans aucun cas ils ne peuvent sérieusement compromettre le service. L'expérience a bien vite éclairé les employés sur la nature de ces perturbations accidentelles, et la transmission des dépêches ne peut jamais en être compromise d'une manière durable. Pour combattre les mauvais effets de la présence de l'électricité atmosphérique sur les fils conducteurs, il suffit presque toujours d'augmenter l'intensité du courant de la pile au point de le rendre supérieur au courant perturbateur. Aussi les irrégularités du genre de celles qui nous occupent n'ont elles été remarquées que dans les télégraphes dans lesquels le courant électrique est réduit à la plus faible intensité possible; dans ceux où l'on fait usage de courants énergiques, les troubles de ce genre sont rares ou insignifiants. Disons, d'ailleurs, que sur les chemins de fer anglais, M. Wheatstone a établi quelques appareils qu'il nomme *conducteurs de la foudre*, et qui ont pour but de préserver le fil métallique de l'action de l'électricité météorique. Ces appareils, fondés sur le principe connu en physique sous le nom de *pouvoir des pointes*, sont de véritables petits paratonnerres et suffisent à écarter les effets fâcheux provenant de l'électricité atmosphérique.

« Les fils conducteurs, dit encore M. Gonon, sont exposés forcément, dans leur état « de continuité, aux injures de l'ignorance « et de la malignité. Qui ne prévoit pas que « ce défi porté par le pouvoir à la curiosité « et à l'obéissance passive du vulgaire tournera immanquablement à mal, dans tous « les cas de mécontentement, de sourdes « menées et de révoltes? Croit-on que les « complices d'un assassin ou d'un banqueroutier laisseront transmettre l'ordre d'ar« rêter leur associé ? Pense-t-on que l'en« nemi, en cas d'invasion, respecterait « davantage ce moyen de communication? « Non, assurément. L'intérêt des criminels « et de tous les partisans de troubles étant

« de détruire ce qui s'oppose à leurs desseins, « il est par trop imprévoyant, de la part du « gouvernement, de mettre les moyens de « correspondance à la portée des hommes « dangereux. L'engouement du jour peut à « peine expliquer ce fait. »

« En Angleterre et en Amérique, il est en effet arrivé quelquefois que le fil s'est trouvé rompu au moment précis où l'on avait à expédier les dépêches les plus importantes, mais ces accidents sont prévus dans le service. M. Wheatstone a construit un appareil qui permet de reconnaître approximativement sur quel point de la ligne existe la rupture. Dans ce cas, le fil est promptement rétabli, car les cantonniers du chemin de fer sont munis des outils nécessaires pour souder les conducteurs rompus. L'accident est donc assez promptement réparé, et la dépêche un instant retardée, s'élance de nouveau avec la rapidité de l'éclair et peut ainsi triompher des effets de la méchanceté ou du crime. Poun ce qui est de la destruction des fils par suite de désordres ou de révolte intérieure, nous n'avons pas besoin de faire remarquer que les maisonnettes des stationnaires de la télégraphie aérienne isolées et perdues dans la campagne, sont tout aussi exposées que les conducteurs du télégraphe électrique à des attaques de ce genre. Il suffit, en effet, pour interrompre dans toute son étendue, une ligne de télégraphie aérienne, de forcer l'entrée d'une cabane et d'emporter la lunette d'approche. N'oublions pas d'ailleurs que les télégraphes sont avant tout les établissements de la paix ; la régularité de leur service n'est assurée que par la tranquillité du pays et sa sécurité intérieure. C'est donc sortir des bornes véritables de la question que de raisonner, en ce qui le concerne, sur des éventualités de désordre ou de guerre.

« Le télégraphe électrique, dit enfin M. Gonon, coûte énormément cher à établir. « D'après des calculs fort justes, on peut es« timer les frais d'établissement, pour une « ligne de 200 lieues, à 4 millions de francs « environ, auxquels il faudrait ajouter en« suite les dépenses annuelles pour l'entretien « journalier des appareils, le renouvellement « des fils au moins tous les deux ans, le « traitement des hommes de l'art et le per« sonnel des employés. »

« L'évaluation des frais d'établissement des télégraphes électriques est ici notablement exagérée. Il est reconnu que tous les frais d'installation ne dépassent point la somme de 800 francs par kilomètre, ce qui sur une ligne de 200 lieues porte la dépense seulement à six cent quarante mille francs. D'un autre côté, les frais journaliers sont assez faibles, puisque tout se réduit à l'entretien des fils conducteurs, et le personnel est si peu nombreux que les dépenses d'administration sont insignifiantes. Il ne faut dans la télégraphie électrique qu'un très-petit nombre d'employés. Les frais d'entretien et de personnel pour les télégraphes aériens sont bien plus considérables, puisqu'ils s'élèvent annuellement à plus d'un million. Toutefois les frais d'installation de la télégraphie électrique fussent-ils beaucoup plus considérables qu'ils ne le sont réellement, cette considération ne pourrait dans aucun cas constituer un obstacle sérieux. La question des frais de premier établissement est ici entièrement secondaire, car les télégraphes électriques livrés au public deviennent pour l'État la source d'un revenu important qui couvre une partie de ses avances. D'un autre côté, la vitesse prodigieuse de l'expédition représente une autre source d'économie. Aujourd'hui la télégraphie aérienne coûte annuellement plus d'un million au budget, le gouvernement ne s'en inquiète guère, car cette dépense est couverte en grande partie par les économies que l'on réalise sur les estafettes et les courriers ; que sera-ce donc lorsque la vitesse sera centuplée et quand le télégraphe pourra manœuvrer en toute saison, à toute heure de la nuit, à toute heure du jour, sans rien perdre de sa prodigieuse rapidité. Nous n'avons pas la prétention de surprendre beaucoup nos lecteurs en leur parlant de la merveilleuse promptitude avec laquelle les dépêches sont transmises par le télégraphe électrique. Nous ne pouvons cependant nous dispenser de citer quelques exemples susceptibles de donner en quelque chose la mesure de cette vitesse. Nous nous bornerons toutefois à un petit nombre de faits dont la plupart même se rapportent à l'époque des débuts de la télégraphie nouvelle.

« Le discours prononcé en 1846 par le président des États-Unis, annonçant la déclaration de la guerre contre le Mexique, discours qui occupait deux longues colonnes en petits caractères, dans un journal de la plus grande dimension, fut transmis en entier par le télégraphe de M. Morse et copié en moins de trois heures. Pendant cette longue communication, le télégraphe transcrivait 84 lettres par minute, c'est à-dire, le double de ce que l'inventeur avait promis.

« Le discours du roi des Belges, à l'ouverture des chambres de 1849, était entièrement parvenu à Anvers quarante-sept minutes après avoir été prononcé à Bruxelles. Ce discours ne comprenait pas moins de 842 mots formant 4,600 lettres. La transmission de cette dépêche avait donné lieu à 11,660 mouvements télégraphiques.

« Le discours de M. Clary sur la guerre du Mexique, dans le Congrès des États-Unis de 1849, a été transmis en deux heures de Cincinnati à New-York avec une exactitude inappréciable, quoique le résumé n'occupât pas moins d'une colonne et demie d'un journal, petit texte.

« Un journal américain, le *New-York Express*, rapportait en 1849 que le volumineux message du président Polk, contenant plus de 50,000 mots, fut transporté en un jour de Baltimore à Saint-Louis, alimentant de copies sur son passage dix-

sept villes des Etats-Unis. Encore faut-il en déduire deux heures perdues à la suite d'un orage.

« Le discours de la reine d'Angleterre pour la prorogation du parlement en 1849 fut expédié de Londres à Norwick, à la distance de 61 lieues, en moins de 18 minutes.

« Les premières nouvelles de la révolution de Février arrivèrent en Angleterre par un bateau-pilote, et furent immédiatement transmises à la métropole. Dès ce moment, jour par jour et presque sans relâche, un fleuve continuel de correspondances arrivait à Londres par le fil magique; et pendant que le commissaire et le directeur du chemin de fer se tenaient nuit et jour à la station de Londres, le directeur des télégraphes se plaça sur la côte, aux stations de Douvres et de Folkstone, pour recevoir les avis et les communiquer à Londres. De cette façon, chaque scène successive de la révolution arrivait d'abord à Londres par la ligne télégraphique; ce qui permit de prendre beaucoup de dispositions importantes pour les villes de la côte intéressées à ces événements.

« Les journaux anglais et américains se plaisent à raconter des faits particuliers qui viennent par intervalles prouver d'une manière frappante toute l'utilité du télégraphe électrique dans les rapports privés des citoyens. On remplirait aisément un volume de récits de ce genre. Comme nous n'entendons pas user d'un tel procédé, nous nous bornerons à deux ou trois de ces faits.

« En 1848, un convoi du chemin de fer avait apporté à Norwick la nouvelle de la chute du pont suspendu de Yarmouth. Qu'on juge de l'inquiétude et de l'effroi des habitants! ils avaient presque tous leurs enfants en pension à Yarmouth. Ils coururent en foule à la station du chemin de fer, demandant à grands cris des nouvelles de leurs enfants : *Tous les enfants sont sauvés!* dit le télégraphe électrique.

« Le jour du nouvel an de 1850, le télégraphe électrique prévint en Angleterre une catastrophe terrible. Un train vide s'étant choqué à Gravesend, le conducteur fut jeté hors de la machine, et celle-ci continua à courir seule et à toute vapeur, vers Londres. Avis fut immédiatement donné par le télégraphe à Londres et aux stations intermédiaires; le directeur s'élança sur la ligne avec une autre machine à la poursuite de l'échappée; il l'atteignit, et manœuvra de manière à la laisser passer; puis il se mit en chasse après elle. Le conducteur de sa machine réussit enfin à s'emparer de la fugitive, et tout danger disparut. Onze stations avaient été traversées ainsi sans accident; la locomotive n'était plus qu'à deux milles de Londres quand on l'arrêta. Il est certain que si, sur le parcours du chemin de fer, on n'avait pas été prévenu de l'événement, le dommage causé par la locomotive aurait surpassé la dépense de toute la ligne télégraphique. Ainsi le télégraphe paya ce jour-là le prix de son installation.

« Les journaux anglais ont raconté avec beaucoup de détails le fait suivant, qui produisit à Londres une grande sensation et qui fournit en effet une preuve éclatante de l'utilité du télégraphe électrique en matière criminelle. Au mois de janvier 1844, un horrible assassinat fut commis à Salthil. L'assassin, nommé *John Tawell*, s'étant rendu immédiatement à Slough, y prit une place pour Londres dans le convoi du chemin de fer, qui passait à sept heures quarante-deux minutes du soir. La police, avertie du crime, était déjà à la poursuite du coupable. Elle arriva à Slough presque au moment où le train devait arriver à Londres. Mais le télégraphe électrique fonctionnait, et pendant que le meurtrier, confiant dans la vitesse extraordinaire du convoi, se croyait en sûreté parfaite, le message suivant volait sur les fils du télégraphe :

« *Un assassinat vient d'être commis à Salthil. On a vu celui qu'on suppose être l'assassin prendre un billet de première classe pour Londres, par le train qui a quitté Slough à sept heures quarante-deux minutes du soir. Il est vêtu en quaker, avec une redingote brune qui lui descend presque sur les talons. Il est dans le dernier compartiment de la seconde voiture de première classe.*

« Arrivé à Londres, John Tawell se hâta de monter dans un des omnibus du chemin de fer. Blotti dans un coin de la voiture, il se croyait dès ce moment à l'abri de toutes les atteintes de la justice. Cependant le conducteur de l'omnibus, qui n'était autre chose qu'un agent de police déguisé, ne le perdait pas de vue, sûr de tenir son homme comme un rat dans une souricière. Arrivé dans le quartier de la Banque, John Tawell descendit de l'omnibus, se dirigea vers la statue du duc de Wellington, et traversa le pont de Londres; il entra ensuite au café du Léopard, dans le Borough, et se retira enfin dans une maison garnie du voisinage. L'agent de police qui, attaché à ses pas, l'avait suivi dans toutes ses évolutions, entra après lui, et tenant la porte entr'ouverte, lui demanda d'un ton très-calme : *N'êtes-vous pas arrivé ce soir de Slough?* A cette question si effrayante pour le coupable, John Tawell se troubla et balbutia un *Non* qui était l'aveu de son crime. Arrêté aussitôt, il fut mis en jugement, condamné comme assassin et pendu.

« *A quelques mois de là, dit le journal* The Family library, *nous faisions le trajet de Londres à Slough, par le chemin de fer, dans une voiture remplie de personnes étrangères les unes aux autres. Tout le monde gardait le silence, comme c'est assez généralement l'usage des voyageurs anglais. Nous avions déjà parcouru près de quinze milles sans qu'un seul mot eût été prononcé, lorsqu'un petit monsieur, à la taille épaisse, au cou court,*

à l'air d'ailleurs très-respectable, qui était assis à l'un des coins de la voiture, fixant les yeux sur les poteaux et les fils du télégraphe électrique, qui semblaient voler dans un sens opposé au nôtre, murmura tout haut, en accompagnant son observation d'un mouvement de tête significatif :

« Voilà les cordes qui ont pendu John « Tawell ! »

LOI

SUR LA CORRESPONDANCE TÉLÉGRAPHIQUE PRIVÉE

Des 3 juillet, 18 et 29 novembre 1850.

Art. 1er. Il est permis à toutes personnes dont l'identité est établie de correspondre, au moyen du télégraphe électrique de l'Etat par l'entremise des fonctionnaires de l'administration télégraphique. La transmission de la correspondance télégraphique privée est toujours subordonnée aux besoins du service télégraphique de l'Etat.

Art. 2. Les dépêches, écrites lisiblement, en langage ordinaire et intelligible, datées et signées des personnes qui les envoient, sont remises par elles ou par leurs mandataires au directeur du télégraphe, et transcrites dans leur entier, avec l'adresse de l'expéditeur, sur un registre à souche. Cette copie est signée par l'expéditeur ou par son mandataire, et par l'agent de l'administration télégraphique. Sont exempts de la transcription sur le registre à souche les articles destinés aux journaux et les dépêches relatives au service des chemins de fer.

Art. 3. Le directeur du télégraphe peut, dans l'intérêt de l'ordre public et des bonnes mœurs, refuser de transmettre les dépêches. En cas de réclamation, il en est référé, à Paris, au ministre de l'intérieur, et dans les départements, au préfet ou au sous-préfet, ou à tout autre agent délégué par le ministre de l'intérieur. Cet agent, sur le vu de la dépêche, statue d'urgence.

Si, à l'arrivée au lieu de destination, le directeur estime que la communication d'une dépêche peut compromettre la tranquillité publique, il en réfère à l'autorité administrative, qui a le droit de retarder ou d'interdire la remise de la dépêche.

Art. 4. La correspondance télégraphique privée peut être suspendue par le gouvernement, soit sur une ou plusieurs lignes séparément, soit sur toutes les lignes à la fois.

Art. 5. Tout fonctionnaire public qui viole le secret de la correspondance télégraphique est puni des peines portées en l'article 187 du Code pénal.

Art. 6. L'Etat n'est soumis à aucune responsabilité à raison du service de la correspondance privée par la voie télégraphique.

Art. 7. Les dépêches télégraphiques privées sont soumises à la taxe suivante, qui est perçue au départ :

Pour une dépêche de un à vingt mots, il est perçu un droit fixe de trois francs, plus douze centimes par myriamètre.

Au-dessus de vingt mots, la taxe précédente est augmentée d'un quart pour chaque dizaine de mots ou fraction de dizaine excédant.

Sont comptés dans l'évaluation des mots l'adresse, la date et la signature.

Les chiffres sont comptés comme s'ils étaient inscrits en toutes lettres.

Toute fraction de myriamètre est comptée comme un myriamètre.

Lorsqu'il sera établi un service de nuit, la taxe sera augmentée de moitié pour les dépêches transmises la nuit.

Le ministre de l'intérieur est autorisé à concéder des abonnements à prix réduit, pour la transmission des nouvelles qui se rapportent au service des chemins de fer.

Art. 8. En payant double taxe, les particuliers ont la faculté de recommander leurs dépêches. Toute dépêche recommandée est vérifiée par une répétition de la dépêche faite par le directeur destinataire.

Art. 9. Indépendamment des taxes ci-dessus spécifiées, il est perçu, pour le port de la dépêche, soit au domicile du destinataire, s'il réside au lieu de l'arrivée, soit au bureau de la poste aux lettres, un droit de cinquante centimes dans les départements, et de un franc pour Paris.

Si le destinataire ne réside pas au lieu d'arrivée, la dépêche lui sera transmise, sur la demande et aux frais de l'expéditeur, par exprès ou estafette. Les conditions de ce service seront fixées par le règlement à intervenir en vertu de l'article 11 de la présente loi.

Art. 10. Les dépêches sont transmises selon l'ordre d'inscription pour chaque destination. L'ordre des transmissions, entre les diverses destinations, est réglé de manière à les servir utilement et également. Toutefois, la transmission des dépêches dont le texte dépasserait cent mots, peut être retardée pour céder la priorité à des dépêches plus brèves, quoique inscrites postérieurement.

Les dépêches relatives au service des chemins de fer, qui intéresseraient la sécurité des voyageurs, pourront, dans tous les cas, obtenir la priorité sur les autres dépêches.

Art. 11. La présente loi recevra son exécution à partir du 1er mars 1851.

Le service de la correspondance télégraphique privée, les conditions nécessaires pour constater l'identité des personnes, et les dispositions réglementaires de la comptabilité seront réglés par un arrêté concerté entre le ministre de l'intérieur et le ministre des finances. Cet arrêté sera converti en un règlement d'administration publique dans l'année qui suivra la promulgation de la présente loi.

Délibéré en séance publique, à Paris, les 3 juillet, 18 et 29 novembre 1850.

Le Président et les Secrétaires,

Signé DUPIN, ARNAUD (de l'Ariége), CHAPOT, BERARD, DE HEECKEREN, PEUPIN.

La présente loi sera promulguée et scellée du sceau de l'Etat.

Le Président de la République,

Signé LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE.

Le Garde des sceaux, Ministre de la justice,

Signé E. ROUHER.

(*Bulletin des lois*, n° 330.)

RÈGLEMENT POUR LE SERVICE DE LA TÉLÉGRAPHIE PRIVÉE.

Le ministre de l'intérieur,

Vu la loi du 29 novembre 1850, sur l'établissement du service de la correspondance télégraphique électrique privée ;

Vu le rapport de l'administrateur en chef des lignes télégraphiques sur les mesures à prendre pour l'exécution de ladite loi, et après s'être concerté avec M. le ministre des finances ;

Arrête ce qui suit :

Ouverture des bureaux.

Art. 1er. Les bureaux télégraphiques seront ouverts tous les jours, y compris les fêtes et dimanches : du 1er avril à la fin de septembre, de sept heures du matin à neuf heures du soir ; du 1er octobre à la fin de mars, de huit heures du matin à neuf heures du soir. L'heure de tous les bureaux télégra-

phiques sera l'heure du temps moyen pris à l'Observatoire de Paris.

Art. 2. Jusqu'à nouvel ordre, aucune dépêche ne pourra être envoyée hors des heures du bureau qu'autant qu'elle aura été déclarée avant neuf heures du soir, et que la transmission en aura été acceptée par le bureau de départ.

Formalités relatives à l'enregistrement des dépêches.

Art. 3. Toute personne qui voudra faire usage de la correspondance télégraphique devra d'abord faire constater son identité. L'identité pourra être établie d'après les manières suivantes : Toute personne domiciliée dans la commune où est situé le bureau télégraphique, aura la faculté d'apposer sa signature sur un registre à souche, et, après vérification faite de l'identité du signataire, le feuillet contenant le double de la signature et détaché de la souche, lui sera remis pour qu'il puisse le joindre à toute dépêche qu'il voudrait expédier. La présentation du feuillet et la conformité des signatures sur la dépêche, le feuillet et le registre à souche formeront la constatation de l'identité. L'identité de la signature pourra encore être certifiée par un visa des préfets, sous-préfets, maires et commissaires de police; elle pourra l'être encore, en matière civile, par le visa du président du tribunal de première instance, du juge de paix et par tous les notaires; en matière commerciale, par le visa du président et des juges du tribunal de commerce, par les agents de change, les courtiers d'assurances et de commerce. Elle pourra enfin être établie par des pièces telles que passeport, acte de naissance, acte de notoriété, jugement et autres actes et papiers dont la réunion prouverait l'identité de la personne qui les posséderait.

Art. 4. Les dépêches, écrites lisiblement, en langage ordinaire et intelligible, sans aucune abréviation de mots ou caractères écrits dans le texte, datées et signées, seront remises au directeur du télégraphe, qui vérifiera si les désignations de l'adresse sont assez précises pour qu'on puisse avoir l'espoir fondé de la faire parvenir à la personne à qui elle est destinée, et s'il n'y a rien dans le texte qui puisse porter atteinte à l'ordre public ou aux bonnes mœurs. Si le directeur refuse de transmettre la dépêche, soit parce que l'identité n'est pas constatée, soit par tout autre motif, il écrira sur la minute la cause de son refus, et signera. Si rien ne s'oppose à la transmission, le directeur fera transcrire en entier la dépêche sur un registre à souche. Au bas de la dépêche, on ajoutera le nom et l'adresse du signataire, le nom et l'adresse de la personne qui l'aura apportée, le nombre de mots que la dépêche contient, la ville pour laquelle elle est destinée, et la somme perçue. On fera signer le tout par l'expéditeur ou son mandataire, à qui sera délivrée une quittance avec talon de la somme qu'il aura déboursée.

Art. 5. La dépêche recevra un numéro d'ordre, et l'on inscrira, en marge et au-dessus du numéro, l'heure à laquelle elle aura été remise au stationnaire de service, qui devra la transmettre immédiatement, si la ligne est libre. Si la ligne est occupée, la dépêche prendra son rang et sera transmise à son tour.

On inscrira sur les dépêches transmises l'heure de l'arrivée à destination. Toutes les dépêches seront remises, le soir, au directeur, qui en fera un paquet scellé du cachet de la direction.

Ordre de la transmission des dépêches.

Art. 6. Il sera tenu, dans chaque bureau télégraphique, un rôle des dépêches d'après l'ordre de leur dépôt, et chacune d'elles sera expédiée dans chaque bureau, selon le rang qu'elle occupera sur le rôle. Toutefois, les dépêches du gouvernement et les dépêches relatives au service des chemins de fer, qui intéresseraient la sécurité des voyageurs, pourront avoir la priorité sur les dépêches privées. La transmission des dépêches privées dont le texte dépasserait cent mots, pourra être retardée pour céder la priorité à des dépêches plus brèves, quoique inscrites postérieurement.

Art. 7. Chaque jour, au moment de l'ouverture du service, chaque bureau, en se mettant en communication avec Paris, indiquera le nombre des dépêches qu'il a à transmettre pour Paris. Puis l'administration centrale commencera la transmission et fera la distribution du temps du service entre tous les bureaux pour la correspondance avec Paris. L'administration indiquera, à chaque fois, le bureau qui devra se mettre en travail, et le temps qui lui sera accordé. Les transmissions se feront alternativement dans un sens et dans l'autre. Le temps accordé à chaque bureau sur chaque ligne, ne pourra pas dépasser une demi-heure. Toutefois une dépêche commencée devra être achevée. Autant que possible, la transmission se fera directement entre les deux lieues qui doivent entrer en correspondance. Pendant la transmission directe entre Paris et les bureaux successivement désignés, les autres bureaux, partout où il y aura un troisième fil disponible, se transmettront entre eux les dépêches pour les villes intermédiaires. Les bureaux les plus rapprochés de Paris commenceront la transmission, qui alternera de dépêche en dépêche avec la transmission des bureaux les plus éloignés. Chaque transmission de bureau à bureau ne pourra durer qu'une demi-heure.

Chaque bureau destinataire accusera réception définitive de la dépêche envoyée, aussitôt qu'il l'aura comprise.

Art. 8. Aucune dépêche déposée à un bureau télégraphique ne pourra être retirée de la transmission que par la personne même qui l'aura envoyée. Dans tous les cas, la somme payée ne sera pas rendue.

Communication des dépêches.

Art. 9. Au bureau d'arrivée, la dépêche reçue sera visée par le directeur, qui, si rien ne s'oppose à la communication, y inscrira la mention *bon à communiquer*. La dépêche visée sera remise à un expéditionnaire, qui en fera la copie. Si le directeur juge qu'une dépêche reçue ne saurait être communiquée sans danger pour la tranquillité publique, il en enverra copie à l'autorité administrative, et attendra sa décision. Si la communication est interdite, il en sera donné connaissance au directeur qui l'a expédiée, pour qu'il puisse en faire rembourser la taxe perçue.

Art. 10. Si rien n'empêche la communication, la dépêche copiée sera timbrée du sceau de l'administration et signée du directeur. Elle sera remise immédiatement à un piéton, chargé de la porter à l'adresse indiquée ou au bureau de poste. A la dépêche sera joint un reçu qui devra être signé, soit de la personne à qui la dépêche est adressée, soit d'une personne attachée à son service ou à sa famille.

Si l'on ne trouve à l'adresse indiquée ni le destinataire, ni personne qui le connaisse, la dépêche sera rapportée au bureau d'arrivée, et la déclaration du piéton sera inscrite sur la dépêche.

S'il est demandé que la dépêche reste au bureau d'arrivée, elle sera déposée dans un coffre ou tiroir solidement établi et fermant à clef, jusqu'à ce qu'on la vienne réclamer.

Art. 11. Les dépêches adressées à des personnes se trouvant hors de la commune où est situé le bureau télégraphique d'arrivée, seront envoyées à destination par la poste ou par un messager exprès, selon que la demande en aura été faite dans la dépêche elle-même. Quand aucune disposition particulière

n'aura été prise pour une dépêche à envoyer hors de la commune où est situé le bureau, elle sera remise au bureau de poste.

Art. 12. Il sera tenu, dans chaque bureau, un registre où seront inscrites par premier et dernier mot toutes les dépêches reçues. On y mentionnera le nombre de mots, l'heure de la réception et celle de la remise au destinataire ou au bureau de poste, les décisions qui ont ordonné la non-communication, et les autres incidents de la dépêche.

Perception.

Art. 13. La taxe pour la transmission des dépêches sera perçue d'après la longueur totale des lignes télégraphiques réunissant les lieux de départ et d'arrivée. Toutefois, lorsque les lignes télégraphiques ne se dirigeront pas directement d'un lieu à un autre, et que la route ferrée sera plus courte que la ligne électrique, on prendra la distance sur le chemin de fer pour base de la taxe.

Les distances entre les divers bureaux télégraphiques seront calculées d'après le tableau joint au présent arrêté.

Art. 14. Les mots seront comptés de la manière suivante : les mots composés seront comptés pour le nombre des mots qu'ils contiendront ; les traits d'union, les signes de ponctuation ne le seront point, mais tous les autres signes seront comptés pour le nombre de mots qu'il aura été nécessaire d'employer pour les exprimer.

Art. 15. Les dépêches qui devront être communiquées en plusieurs copies en un même lieu ne payeront qu'une taxe, mais le droit pour port de la dépêche sera répété autant de fois qu'il y aura de copies.

Les dépêches qui devront être envoyées en différents lieux sur le même trajet ne payeront la taxe proportionnelle que sur le plus long trajet, mais la taxe fixe sera répétée autant de fois qu'il y aura de lieux différents.

Art. 16. Quand l'expéditeur demandera que la dépêche soit envoyée au destinataire par exprès, il devra déposer au bureau du départ une somme de *un franc* pour le premier kilomètre de distance entre le bureau d'arrivée et le lieu de destination, et de cinquante centimes pour les autres.

Dans tous les cas où un exprès sera envoyé, il y aura lieu à une liquidation supplémentaire.

Le choix des exprès sera fait par les directeurs du télégraphe.

Art. 17. Quand une dépêche dont la transmission aura été acceptée n'aura pu être communiquée au destinataire en temps opportun, soit parce que les lignes électriques auraient éprouvé un accident, soit parce que des fautes en auraient altéré le texte, soit enfin parce que l'autorité administrative du lieu de destination se serait refusée à permettre la communication, la taxe sera remboursée à l'expéditeur. La taxe ne sera remboursable que partiellement lorsque la dépêche, arrêtée par un accident sur la ligne, a pu être réexpédiée à destination par la poste et qu'elle a pu gagner sur le courrier ordinaire.

(*Moniteur.*)

TÉLESCOPE (de τῆλε, *loin* et σκοπή, *la vue*). Instrument d'optique, composé de verres et de miroirs, dont l'effet est de rapprocher et de rendre plus distincts ou de découvrir les objets très-éloignés qu'on n'aperçoit que confusément à la vue simple, ou même qui sont invisibles. Nous avons parlé ailleurs du télescope de Galilée ou de Hollande et des autres télescopes à réfraction, connus plus généralement sous le nom de *lunettes ;* nous n'avons donc à nous occuper ici que du télescope à réflexion ou catadrioptique, inventé par le P. *Mersenne* et perfectionné par *Grégory Newton* et surtout par *Herschell* à qui cet instrument doit un degré de perfection inconnu jusqu'à lui. Le télescope Newtonien, se compose d'un tube muni d'un grand miroir concave en métal qui renvoie l'image de l'objet à son foyer; entre ce point et le grand miroir sphérique, on place un petit miroir plan également de métal sous une inclinaison de 45°. L'image est renvoyée par ce petit miroir à un oculaire, placé dans un petit tube latéral qui la fait apercevoir en l'amplifiant. Le télescope Grégorien se compose de deux miroirs de métal, concaves, l'un plus grand percé à son centre d'un trou circulaire; l'autre plus petit, d'une autre sphéricité, et placé parallèlement vis-à-vis du grand, de manière que les deux axes soient sur la même ligne, mais que leurs foyers ne coïncident pas. A l'extrémité du tube, du côté du grand miroir et vis-à-vis du trou circulaire, on ajuste un autre tube de moindre dimension avec un ou deux verres oculaires qui reçoivent l'image réfléchie par le petit miroir. Dans le télescope de Herschell, le petit miroir est supprimé et remplacé par une lunette qui s'applique immédiatement à la première focale.

THERMOMÈTRE. — On nomme ainsi les instruments destinés à mesurer la température des corps. Celui généralement employé dans l'industrie (car nous n'avons pas à nous occuper ici du thermomètre à air employé seulement pour les recherches scientifiques), se compose d'un tube renfermant un liquide, ordinairement du mercure, quelquefois de l'esprit-de-vin. Par le contact du corps chauffé le liquide du thermomètre se dilate, et c'est la grandeur de cette dilatation qui est prise pour mesure de la température.

Cette notion du thermomètre fera facilement comprendre le but des précautions que l'on doit prendre pour sa construction, et que nous allons exposer en peu de mots. Le thermomètre est formé d'un tube cylindrique, à l'extrémité duquel est soudé un réservoir contenant une quantité de liquide considérable, relativement à celle qui est renfermée dans le tube, dont le diamètre est très-petit. Pour le remplir de mercure, on chauffe le réservoir et on plonge l'extrémité ouverte dans un vase renfermant du mercure chaud. A mesure que le réservoir se refroidit, le mercure monte dans l'intérieur du tube, arrive dans le réservoir et le remplit en partie. Retournant alors le tube, on chauffe le réservoir jusqu'à l'ébullition du mercure, dont la vapeur chasse l'air renfermé dans le tube ; le retirant subitement du feu on le retourne dans le mercure chaud, qui remplit l'appareil. Enfin, on chauffe encore, pour que le mercure se dilate assez pour atteindre l'extrémité du tube, qu'on ferme alors à la lampe.

Il ne reste plus qu'à graduer le thermomètre. Pour cela, on le plonge dans la glace fondante, et l'on marque le point où le mercure reste stationnaire· c'est le zéro de

l'échelle thermométrique. On le plonge ensuite dans l'eau bouillante, et l'on marque d'un trait le point où s'arrête la colonne de mercure; ce point est l'autre extrémité de l'échelle. Dans le thermomètre centigrade, cette échelle comprend cent divisions (que l'on reporte au delà des deux points extrêmes). Dans le thermomètre Réaumur, cet intervalle était divisé en 80 parties seulement, 4 degrés Réaumur égalent dont 5 degrés centigrades.

Les Anglais emploient le thermomètre de Fahrenheit, dont l'échelle diffère beaucoup de la précédente. Le zéro du thermomètre centigrade correspond au 30° du thermomètre Fahrenheit, et le degré 100 au 212° du même thermomètre. L'échelle, au lieu d'être de 0 à 100°, est donc de 32 à 212, c'est-à-dire divisée en 180 parties. Or, 180 : 100 :: 9 : 5, donc pour convertir un nombre de degrés Fahrenheit en degrés centigrades, il faut en retrancher 32 et multiplier le résultat par 5/9.

Thermomètres métalliques. — On se sert quelquefois de la dilatation des métaux pour apprécier des températures élevées, sans chercher toutefois à les évaluer en degrés comparables à ceux du thermomètre centigrade. Nous parlerons ci-après de cette application aux hautes températures; mais disons d'abord quelques mots du thermomètre métallique de Bréguet, qui peut être employé pour les températures peu élevées.

Cet instrument se compose de trois bandes très-minces de platine, or et argent, soudées ensemble et contournées en hélice. L'extrémité supérieure de cette hélice est fixée à une tige métallique; l'autre porte une aiguille légère qui marche horizontalement sur un cadran. L'inégalité de dilatation fait tordre la bande métallique, et, par suite, dérouler l'hélice. Les divisions du cadran indiquent le nombre de degrés.

Pyromètres. — Les pyromètres métalliques se composent en général d'une bande d'argent ou de platine, plongée dans le foyer de chaleur et sortant à l'extérieur. Un levier coudé ajusté à une pièce peu dilatable, comme une bande de porcelaine cuite, sur laquelle butte l'extrémité de la barre métallique, est poussé par celle-ci, et l'autre branche indique sur un cadran l'effet produit. On a employé aussi un compas en platine, entre les branches duquel on place une barre qui, en se dilatant, repousse les deux branches.

Il est évident que de semblables instruments ne peuvent être que des moyens de reconnaître si on obtient la température convenable à une opération industrielle, et nullement de la mesurer. Aussi, le plus souvent, se guide-t-on par l'effet même de la température. Ainsi, pour apprécier si la température d'un four à porcelaine est convenable, on peut retirer de temps à autre des pièces d'essai, sur lesquelles on juge l'action de la chaleur.

Pyromètre de Wedgwood. — Ce pyromètre est assez célèbre et assez fréquemment appliqué dans les fabriques de poteries pour que nous devions en parler. Sa construction repose sur la curieuse propriété de l'argile de se retirer par la cuisson, tant par la perte de l'eau qu'elle renferme, que parce qu'elle passe à un état moléculaire tout différent. Ayant donc un petit cylindre d'argile d'une dimension déterminée, si on le présente après une exposition suffisamment prolongée dans le foyer de chaleur, à l'angle formé par deux règles de cuivre fixées sur une plaque de métal, il descendra d'autant plus vers le sommet de l'angle que la température aura été plus élevée, ce qui fournira le moyen d'apprécier celle-ci (1).

TIRAGE. — L'emploi industriel des combustibles est très-loin, dans la pratique, de permettre l'utilisation complète de leur puissance calorifique. Prenons pour exemple un des cas les plus avantageux, celui du chauffage d'une chaudière à basse pression. L'expérience apprend que 1 kilogr. de houille y produit 6 kilogr. de vapeur, soit 650×6 =3,900 calories, tandis que la combustion parfaite de la houille en produit 7,050. Il se produit donc une perte de 44 p. 100, dont la majeure partie est utilisée à déterminer le tirage, qui s'élève à 50 p. 100 pour les chaudières à haute pression. Ne peut-elle être diminuée? est-il dans beaucoup de cas un mode de tirage préférable à l'emploi des cheminées? Telle est la question que M. Grouvelle a traitée dans un article intéressant publié en 1834, dans la *Revue européenne*, et auquel nous empruntons la majeure partie de ce qui suit.

Nous ne nous occupons dans cet article que du tirage au point de vue de la meilleure utilisation possible du combustible dans les foyers où il est brûlé complétement. Quant aux fourneaux des usines métallurgiques qui dégagent souvent des quantités considérables de gaz combustibles, il est clair qu'il faut employer ceux-ci à alimenter un nouveau foyer.

Passons en revue les procédés de tirage qu'il est possible d'employer suivant les cas. Il y a quatre procédés bien distincts pour établir le tirage dans un fourneau : 1° par la température élevée et la légèreté relative de l'air brûlé, dont une partie de la chaleur a été seulement utilisée; 2° par la pesanteur relative de l'air brûlé et complétement refroidi; 3° par la puissance d'un jet de vapeur; 4° par les moyens mécaniques.

1° *Tirage par la fumée à moitié refroidie.* — Ce procédé, le seul qui soit employé jusqu'à présent dans toutes les industries, a le défaut grave de nécessiter une perte considérable de combustible, sur laquelle les remèdes partiels appliqués n'ont eu que bien peu d'influence, car cette perte est la condition même de son existence. Un bon tirage

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

ne peut être obtenu dans une cheminée qu'autant que les produits de la combustion conservent une température de 350° à 400° ; il en résulte une perte de chaleur nécessaire et qu'on ne saurait éviter sans changer de système. Mais ce procédé est d'une application si facile, si éprouvée, si universelle, qu'il doit, dans la plupart des cas, servir de base au système de construction employé. En effet, partout les appareils de chauffage établis ont été destinés à ce genre de tirage; et pour pouvoir être adoptée dans les ateliers, l'application des autres procédés ne doit pas exiger un changement complet qui serait trop difficile ou trop inquiétant.

C'est sur les modifications à apporter dans les principes et les proportions suivant lesquelles sont établis tous les fourneaux de ce système, qu'ont été dirigés les travaux et les recherches de tous les constructeurs. Il en est résulté des règles assez générales aujourd'hui, pour obtenir les meilleurs résultats possibles dans l'emploi des cheminées. —*Voyez* Cheminées.

2° *Tirage par l'air brûlé refroidi.* — Ce procédé est très-peu connu et n'a encore été l'objet que de tentatives partielles et de quelques résultats heureux de la part de M. Darcet. Cependant il peut avoir de très-heureuses applications dans des circonstances déterminées, surtout en l'ajoutant à un autre procédé. Il présente en effet cette condition avantageuse, que contrairement au procédé ordinaire par lequel on obtient plus de tirage à proportion que l'on perd plus de chaleur, lui, par son principe même, n'admet aucune perte, et que le tirage y est d'autant meilleur que la chaleur développée dans le foyer a été mieux utilisée avant le dégagement de la fumée au dehors.

Avec le procédé ordinaire, il faut employer une quantité d'autant plus grande de chaleur à rendre la colonne d'air brûlé assez légère pour un bon tirage, que cet air brûlé contenant environ un huitième ou un dixième de son volume d'acide carbonique, serait, à égalité de température, plus lourd que l'air extérieur non brûlé. Mais dans le système dont il est ici question, c'est l'excès même de poids de l'air brûlé sur l'air frais, à température à peu près égale, que l'on emploie pour produire le tirage. En laissant donc tomber l'air brûlé, et complétement refroidi de l'étage supérieur d'un bâtiment dans une cheminée descendante, l'excès de poids de la colonne d'air brûlé rendu plus lourd par l'acide carbonique qu'il contient, déterminera le tirage, et entraînera une colonne d'air pur à travers le foyer, les appareils et les conduits destinés à absorber la chaleur. On voit immédiatement qu'en disposant ces appareils, quand le travail à faire et les localités le permettent, de manière que la colonne d'air chauffé et brûlé par le foyer monte et courte ensuite horizontalement aussi longtemps qu'elle est plus légère que l'air extérieur, et qu'au moment précis où elle est assez refroidie pour devenir plus lourde; elle tombe dans la cheminée descendante, adossée au bâtiment, on aura toutes les conditions les plus avantageuses pour obtenir un excellent tirage, sans aucune perte de chaleur.

Dans ce procédé de tirage par l'air froid brûlé, la condition essentielle est de ne pas laisser monter la colonne d'air dès qu'elle a acquis une densité égale à celle de l'air extérieur, et de ne pas la laisser descendre avant qu'elle ait acquis cette densité ou une densité supérieure, parce que, dans le premier cas, on chargerait inutilement la colonne d'air chaud, et l'on diminuerait sa force ascensionnelle; dans le second cas, on diminuerait le poids et la vitesse de la colonne descendante d'air froid, ce qui, de toute façon, ralentirait le tirage.

La température à laquelle l'air brûlé à moitié, tel qu'il sort ordinairement des foyers, a une densité égale à celle de l'air pur à 0°, est de 15° à 16° centigrades. Dans la plupart des fourneaux, l'air est plus qu'à moitié brûlé, ce qui le rend plus lourd encore.

. Pour que le tirage soit bon, il faudra donc abaisser jusqu'au-dessous de ce point la température de la fumée. Si la température extérieure de l'air atmosphérique est plus élevée que 0°, l'air sera plus léger, et alors même une différence de 15° entre la température de l'air brûlé et celle de l'air pur compensera l'excès de poids du premier sur le second. A ce degré, l'air, en y comprenant la quantité d'eau produite par l'hydrogène contenu dans le combustible, si le combustible est de la houille, emporte une quantité de chaleur égale seulement à 2 p. 100 de la chaleur totale dégagée par le combustible. Avec ce combustible, l'eau produite est encore facilement emportée en vapeur par l'air à 15°, sans qu'il y ait aucune condensation dans les produits. Avec le bois, la perte sera de 3 p. 100, mais 2/3 de la vapeur produite se condenseront dans les tuyaux qui devront être disposés en conséquence; cette quantité condensée s'élèvera à près de 0k 400, environ par chaque kilogr. de bois; si au contraire, on voulait éviter cette condensation, il serait nécessaire de ne pas laisser descendre l'air brûlé au-dessous de 42° ou 43°, et la perte de la chaleur par la fumée s'élèverait alors à 12 p. 100 du combustible consommé. A cette température, il n'y aurait plus tirage de haut en bas, parce que l'air brûlé serait plus léger que l'air pur à 0°. En pareil cas, il serait nécessaire de faire descendre le courant de fumée au dehors, dans un tuyau en tôle ou cuivre, placé, autant que possible, du côté du nord pour que la vapeur se condense, et que l'air se refroidisse jusqu'à 10° ou 12° au moins pour produire le tirage. Il serait mieux encore de développer le tuyau d'une gaîne en bois dans laquelle on ferait passer de l'air dont on se servirait quand il aurait été ainsi échauffé, soit pour la ventilation des ateliers, soit pour fournir à un calorifère ou à un séchoir.

On voit que par ce moyen, si le bâtiment se trouve placé près d'une rivière sur laquelle on puisse jeter cette fumée, on évitera de la verser dans l'air, d'où elle porte souvent, sur les terrains environnants, des flocons de suie très-fâcheux dans plusieurs industries, comme la fabrication des toiles peintes. On pourrait alors condenser ainsi toute la suie.

En résultat définitif, on voit que le tirage, par ce procédé, ne coûterait que 3 à 4 p. 100 de combustible consommé.

3° *Tirage par un jet de vapeur.* — Ce procédé de tirage est connu depuis fort longtemps; il a été utilisé chez les anciens qui plaçaient au-dessus de leurs foyers une boule de bronze destinée à injecter par un petit orifice un jet de vapeur dans leurs cheminées pour en augmenter le tirage. Vitruve en parle positivement, et il se trouve rapporté dans la *Caminologie* et dans quelques autres ouvrages.

Il était cependant resté inappliqué, lorsqu'il a été employé de nouveau avec un succès remarquable par M. Pelletan, qui ignorait peut-être ces travaux antérieurs, et qui en a au moins saisi avec sagacité la portée.

Le jet de vapeur paraît produire un vide autour de lui, et appeler ainsi toute la colonne d'air en lui donnant un mouvement rapide de translation; d'où résulte un tirage extrêmement fort dans les carneaux et dans le foyer.

Ce phénomène est certainement analogue à celui qui a été observé par M. Poncelet, dans les tuyères des hauts fourneaux. Il a vu, en effet, que la force du courant d'air chassé dans le creuset du haut fourneau est beaucoup plus grande quand le bout du porte-vent est placé à l'entrée de la tuyère, que lorsqu'il y est engagé complétement et qu'il la ferme hermétiquement, il se produit alors un vide autour de ce jet d'air qui sort avec une vitesse considérable en se dilatant, et entraîne avec lui une grande quantité de l'air environnant. C'est ce que M. Pelletan a fort bien observé dans le cas d'un jet de vapeur, et il s'en est servi pour entraîner l'air d'un cylindre dans un autre, dans une machine à monter de l'eau. Cette invention, si importante pour obtenir des combustions rapides, et qui a trouvé une si belle application dans les locomotives, n'offre pas d'avantages au point de vue de l'économie. Il paraît prouvé par l'expérience que l'on a déjà faite, que l'augmentation de tirage produite par la vapeur envoyée directement dans une cheminée est compensée par la dépense faite pour produire cette même vapeur. Cependant, lorsqu'on peut utiliser à la fois, et la chaleur emportée par la fumée, et celle contenue dans la vapeur injectée dans le tuyau de fumée, en refroidissant celle-ci, et condensant en même temps la vapeur: il est alors évident que l'on obtient sans dépense et sans peine un tirage très-fort, et susceptible d'être appliqué dans un grand nombre de circonstances.

4° *Tirage par les procédés mécaniques.* — Le quatrième procédé de tirage est le tirage mécanique dans lequel la vitesse est imprimée à l'air par un moteur, soit cours d'eau, soit machine à vapeur, soit moteur animé. Deux systèmes de machines y sont employés : les souffleries, moyen le plus puissant, et les ventilateurs qui ne doivent l'être en général que quand la pression à laquelle on a besoin de travailler n'est pas considérable

Il est bien reconnu aujourd'hui que la vitesse à imprimer à l'air qu'exige la combustion d'une quantité donnée de combustible, coûte beaucoup plus cher quand on se sert pour la lui imprimer du combustible même. M. Clément et M. Péclet l'ont clairement démontré.

Les machines soufflantes (*Voy.* SOUFFLERIE) ne sont pas employées en général pour économiser les dépenses de tirage, mais bien pour donner à celui-ci une grande énergie qui détermine une combustion très-active et par suite produit la chaleur nécessaire aux opérations industrielles. Mais elles pourraient être employées, et le sont quelquefois pour obtenir une économie dans des cas où le refroidissement de la fumée peut être obtenu utilement comme pour chauffer l'eau des bains, ou l'air des ateliers, ou pour produire la ventilation des mines, etc.; car il est évident que si la fumée devait sortir à 300°, il n'y aurait rien de mieux à employer qu'une cheminée, puisqu'à cette température le tirage physique y a lieu sans dépense accessoire.

Il est facile de montrer la supériorité du mode de tirage par procédé mécanique sur le tirage obtenu par la chaleur. Soit à faire passer à travers un fourneau la quantité d'air nécessaire pour brûler 960 kilog. de houille par heure, soit 60 mètres cubes d'air, il suffira, avec un ventilateur, d'employer la force d'un homme ou le sixième d'un cheval-vapeur, qui ne coûte pas en houille brûlée plus de 1/2 kilogr., tandis qu'avec le procédé ordinaire le tirage coûterait 25 à 30 kilog. de houille. Aux bains Vigier, à Paris, un homme faisant tourner un ventilateur aspirant les produits de la combustion qui traversent l'eau destinée aux bains, suffit pour faire brûler par heure 85 kilog. de bois correspondant à peu près aux résultats sus-énoncés et montre que le tirage mécanique ne coûte pas plus de 1 p. 100 du combustible.

Remarquons qu'il est préférable de lancer l'air plutôt que de l'aspirer, puisque dans le premier cas c'est l'air froid qui est envoyé dans le foyer, tandis que dans le second ce sont les produits de la combustion qu'il s'agit d'aspirer, c'est-à-dire un volume beaucoup plus grand par l'effet de la chaleur,

d'acide carbonique, d'azote et d'oxygène ayant échappé à la combustion (1).

TOILES PEINTES. — La perfection de ce genre de produits dans l'Inde lui a fait donner le nom d'*indiennes*, sous lequel on le désigne dans le commerce. La fabrication des toiles fut introduite en Europe vers le milieu du siècle dernier, et en France, comme on sait, par Oberkampf, vers 1760 (2). Sans avoir atteint le degré d'éclat et de solidité dans leurs teintes propres aux véritables indiennes, nos fabricants ont su successivement apporter de notables améliorations à leurs procédés, et se sont surpassés à l'envi par la beauté de leurs couleurs, la variété et la richesse de leurs desseins.

La principale opération pour la peinture des toiles est l'application des mordants (*Voy.* TEINTURE) sur les tissus. Ces mordants sont généralement l'acétate d'alumine et l'acétate de fer, susceptibles tous deux de se mêler avec des matières épaississantes. Les couleurs s'épaississent au moyen de farine bouillie, de l'eau d'amidon torréfié ou encore de leïcone ou dextrine. Lorsque les tissus ont été mordancés, il est utile de faire sécher et de leur enlever, par le lavage, l'acide et les matières épaississantes. On emploie pour cela l'eau mélangée d'une certaine quantité de bouse de vache. Après ces premières préparations, on fait subir aux tissus le bain ordinaire de la teinture, puis, comme sur toutes les parties qui n'ont pas été soumises à l'action des mordants la couleur s'altère aisément, on expose sur pré les toiles, et, en les lavant avec une légère eau de chlore, on rend au fond sa blancheur. Mais revenons à l'application des mordants. On se sert à cet effet de plusieurs moyens, les planches ou blocs, les planches plates et les cylindres. Les blocs sont en bois dur, gravés en relief ou incrustés de lames ou fils de métal ; on les imprégne de mordant, puis on les applique sur la toile recouverte d'une étoffe de laine, en les portant successivement sur tous les points nécessaires. Les planches plates gravées en taille-douce ayant environ un mètre carré de surface, sont aussi recouvertes de mordant; mais avant de les appliquer sur la toile, on les essuie avec une lame d'acier que l'on nomme le *docteur*, de telle sorte que le tissu ne reçoit que le mordant, resté dans les tailles. On a généralement remplacé ces deux procédés longs et minutieux par des cylindres gravés soit au poinçon, soit à la molette. Ces cylindres font partie d'une machine qui les introduit dans une auge, où ils reçoivent le mordant, puis les mène au docteur qui ne leur en laisse que ce qui est nécessaire, et enfin, les met en contact avec les cylindres sur lesquels sont roulés les tissus, qui s'imprégnent en passant, jusqu'à la fin de la pièce.

(1) Cet article est emprunté au *Dictionnaire des Arts et Manufactures*. — *Voy.* pour les *moyens mécaniques* SOUFFLERIE et VENTILATEURS.

(2) Mulhouse, où les premières toiles de coton furent tissées en 1762, était encore, à cette époque, une république alliée de la Suisse. *Voir* Schenizler, *De la création de la richesse*, t. Ier, page 220 et suivantes.

En Angleterre, on est parvenu à perfectionner cette machine, en combinant des cylindres gravés en relief, avec lesquels on obtient d'admirables résultats. On a aussi trouvé le moyen d'imprimer jusqu'à trois couleurs, à l'aide d'un mélange convenable de couleurs et de mordants, qu'il ne peut entrer dans notre cadre de décrire ici.

La difficulté d'obtenir des teintes parfaitement pures, à cause de l'action incomplète du docteur, a fait découvrir à M. *Perrot*, de Rouen, une machine très-ingénieuse, et dont la rapidité est telle que deux ouvriers peuvent avec son secours faire le travail de quarante-huit autres. Cette machine est connue sous le nom de PERROTINE.

La fabrication des toiles peintes exige surtout une connaissance approfondie de l'action des couleurs, les unes sur les autres, et de la combinaison des mordants et des couleurs. Ainsi, la garance avec l'acétate d'alumine donne du rouge et du noir, et avec l'acétate de fer, des bruns foncés et des noirs, et des teintes brunes, rouges, avec leur mélange. On tire un très-grand parti de ces réactions pour obtenir des dessins variés à l'infini.

Il y a des cas, appelés *réserves*, où, avant de passer une étoffe dans un bain de teinture, on applique sur certains points de sa surface une substance qui empêche la couleur de s'y fixer ; et d'autres cas encore, où l'on veut avoir des parties colorées sur le même fond, ce que l'on désigne par le nom de *lapis*. Les premières réserves se font par des dissolutions de sulfate ou d'acétate de cuivre, ou de sulfate de zinc avec de la terre de pipe, de la farine, de l'amidon soluble ou de la gomme ; les secondes se font par le mélange de mordants, ou de sels qui, par double décomposition, peuvent fournir certaines couleurs. On se sert encore de certains corps, appelés *rongeurs* ou *rongeants*, pour obtenir, sur un fond uni, des points complétement blancs : tels sont d'abord l'acide oxalique et le chlore, puis, à un degré inférieur, le protochlorure d'étain, le chromate de plomb et de sel d'étain, l'acide hydrochlorique, l'acide chromique, etc.

Il existe, dans la fabrication des toiles peintes, un grand nombre de couleurs brillantes qui ne résistent pas à l'action de la lumière et de l'air, lorsqu'on n'a pas recours, pour les fixer, à un dernier procédé, qui consiste à enrouler l'étoffe autour de cylindres percés de trous, ou à les étendre sur des cages à claire-voie dans lesquelles on introduit de la vapeur. On laisse ensuite refroidir, et l'étoffe est exposée à un courant d'eau, d'où la couleur sort aussi solide que le comporte sa nature (1). »

La courte analyse qui précède va nous mettre à même d'étudier cette grande industrie de la teinture des tissus dans l'écrit

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

de celui de nos hommes de science qui a su le mieux rendre compte de l'application des couleurs, M. Rouget de l'Isle. Nous ne saurions assurément trouver un guide plus éclairé et plus capable d'aider à sa vulgarisation.

« On comprend, dit M. Rouget de l'Isle, sous la dénomination d'*impression sur étoffes*, l'art d'imprimer ou de peindre mécaniquement tous les genres de tissus avec des couleurs qui résistent au lavage à l'eau et au frottement.

« Suivant l'opinion de certains auteurs modernes, l'art d'imprimer les étoffes était déjà connu des peuples de l'antiquité. *Dans l'Inde on savait, du temps d'Alexandre, recouvrir les tissus de dessins diversement colorés, et, suivant Hérodote* (liv. Ier), *les habitants de la mer Caspienne imprimaient sur leurs vêtements des figures de différents animaux, à l'aide de mordants et de couleurs si solides qu'elles duraient autant que l'étoffe elle-même.* (*Voir* GIRARDIN, 36e leçon de chimie élémentaire.)

« Strabon rapporte que « les Indiens portaient des toiles imprimées (liv. XV, *de India*). » Toutefois, les peuples de l'antiquiét se bornaient à peindre les étoffes blanches avec divers excipients, puis à les tremper dans un bain de teinture.

« Nous rapporterons ici un curieux passage de Pline à ce sujet. *En Egypte*, dit-il, *on peint jusqu'aux habillements, par un procédé merveilleux. Pour cela, on emploie un tissu blanc sur lequel on applique, non point des couleurs, mais des substances sur lesquelles mordent les couleurs. Les traits ainsi formés sur le tissu ne se voient pas, mais quand on l'a plongé dans la chaudière de teinture bouillante, on le retire au bout d'un instant chargé de dessins, et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que, quoique la chaudière ne contienne qu'une seule matière colorante, le tissu prend des nuances diverses, la teinte variant selon la nature de la substance qui s'imprégne de couleurs : ces couleurs ne peuvent s'effacer par l'eau. Il est clair que si le tissu était chargé de dessins coloriés quand il entre dans la chaudière, toutes les couleurs seraient brouillées quand on le retirerait. Ici toutes les couleurs se font par une seule immersion ; et il y a en même temps coction et teinture. Le tissu modifié par cette opération est plus solide que s'il ne la subissait pas.* (PLINE, liv. XXXV, ch. 61 du tome XX, édition de Panckoucke, 1833.)

« Les anciens n'ignoraient pas, sans doute, l'art de prendre des empreintes ; mais ils ne paraissent pas avoir employé de semblables procédés pour imprimer les étoffes.

« Ce qu'il y a de certain et de bien positif, c'est qu'en 1730, on ne connaissait pas encore en France l'art de fabriquer les toiles de coton peintes à l'instar de celles des Indes, qui, depuis quelques années seulement avaient été importées de ce pays et de la Perse, par la Compagnie des Indes. Pour s'en convaincre, on peut consulter à la Bibliothèque de la rue Richelieu, salle des Estampes, la riche collection des étoffes en usage en France pendant les années 1720 à 1730. On n'y trouve que des étoffes de soie et de coton, dont les dessins sont peints à la main, avec des couleurs ternes et qui n'ont généralement aucune fixité. Ce ne fut réellement qu'à la fin de l'année 1737, que Beaulieu, capitaine de vaisseau, décrivit, pour la première fois, les procédés usités dans l'Inde pour fabriquer les toiles peintes. Il avait été chargé par Dufay, membre de l'Académie des sciences, de s'informer de tout ce qui était relatif à la manière de peindre les toiles ; il fit peindre à Pondichéry, par un ouvrier intelligent, une pièce d'étoffe. Il eut le soin de prendre, après chaque opération, un morceau de la pièce qu'il a rapporté en France, avec des échantillons de toutes les matières qui avaient servi. Beaulieu répéta ces opérations dans le laboratoire de Dufay ; elles réussirent parfaitement. Ce fait est consigné dans un ouvrage fort intéressant, intitulé *Art de peindre et d'imprimer les toiles en grand et en petit*, par B..., PARIS, 1800 ; mais l'histoire ne nous dit pas si la fabrication des indiennes fut exploitée alors en grand.

« En 1742, le R. P. Cœurdoux fit connaître de nouveau, dans les *Lettres édifiantes*, t. XXVI, édit. 1711, les procédés employés alors par les Indiens pour faire les toiles peintes. Ces procédés sont encore aujourd'hui, à peu de chose près, ce qu'ils étaient dans l'antiquité, et l'on peut s'en assurer en comparant la description donnée par Pline lui-même avec celle faite par les auteurs modernes. Voici, du reste, comment on procède aujourd'hui : Les *moutchys* (coloristes en toiles) de l'Inde n'utilisent que les minéraux impurs ou complexes qui ont beaucoup d'influence sur la fixité de leurs couleurs ; et l'analyse de quelques-uns de ces minéraux a été très-utile pour les bien apprécier. Ces habiles et patients ouvriers n'emploient pas des agents chimiques aussi parfaits et aussi nombreux que les nôtres ; mais on a reconnu dans le système de leurs opérations des principes qu'il était très-utile d'étudier, de suivre et d'appliquer à notre industrie. Ces coloristes, dont les ouvrages sont admirables, sous quelques rapports, ne paraissent toutefois dirigés dans leurs procédés et dans leurs opérations par aucun principe de chimie ; la pratique et surtout la patience imperturbable, leur font surmonter tous les obstacles et suppléer à nos mille et une inventions de machines. Ils appliquent et pointillent leur mordant à la main avec une espèce de tire-ligne en jonc garni à l'extrémité d'une petite éponge et d'un tampon en drap, qui contient la composition et qu'ils pressent légèrement et à mesure du besoin, etc. Pour faire des fonds mats, ils se servent de plaques en carton convenablement découpées à jour, et ils tamponnent les couleurs avec un gros pinceau, comme le font nos afficheurs ; pour les réserves, ils plaquent toute la pièce de cire avec un poinçon de bois, puis ils dessinent

dans les endroits qui doivent être teints dans la cuve, en bleu, etc. Ils mettent tant d'adresse, de précision, de persévérance dans ces procédés si simples, qu'ils parviennent de même à une grande netteté de dessins dans leurs plus riches tapis (1).

« Tout ce que nous pouvons dire à l'égard de l'origine des manufactures de toiles peintes en France, c'est qu'on y imprimait vers l'année 1746 des étoffes coloriées pour la tapisserie, soit à l'aide de planches de bois gravées en relief, soit à l'aide de planches gravées en taille-douce. Les premières fabriques de ce genre furent d'abord établies à Paris, à Versailles, à Orange, à Marseille, etc. On y employait toutefois les couleurs à l'huile ou à l'eau qui s'altéraient en peu de temps et ne résistaient pas à une simple immersion d'eau.

« Les Hollandais, à cette époque, et les fabricants suisses principalement, versaient en France avec profusion des toiles peintes en couleurs vives et solides qui diminuaient, dit-on, prodigieusement la consommation des articles de Reims, d'Amiens, Rouen, Lyon, etc. Les historiens nous apprennent même que des réclamations énergiques s'élevèrent de tous les points de la France, contre la fabrication et l'usage des cotonnades imprimées, qui devaient, disaient les chambres de commerce, ruiner les industries appliquées à la confection des autres tissus. Le gouvernement, pour mettre fin à ces plaintes, prohiba, sous des peines très-sévères, l'entrée et l'usage des toiles de coton blanches et imprimées étrangères. Cette rigueur fut portée si loin que les employés de la ferme étaient autorisés à mettre publiquement en pièces les vêtements de toiles suisses dont les femmes étaient parées. Il n'y avait même que la Compagnie des Indes qui pût introduire les toiles de coton blanches, avec certaines conditions et réserves. Mais cette prohibition fut commuée, par arrêt du 7 septembre 1759, à 15 p. 100, et fixée le 19 juillet 1760 à 90 fr. par quintal pour les toiles blanches, et 150 fr. pour les toiles peintes. Par suite de cet arrêt, l'usage et la fabrication des toiles de coton imprimées furent possibles en France, à cause de la facilité de pouvoir se procurer à l'étranger les tissus de coton blanc qu'on ne fabriquait pas encore d'une manière régulière.

« Toutefois, les chambres de commerce protestèrent encore contre cette innovation ; mais le gouvernement fut sourd à toutes les plaintes ; et il prit le meilleur parti, celui de protéger les manufactures de toiles peintes et de leur donner une consistance réelle par des encouragements soutenus ; déjà il avait envoyé en Angleterre, en 1751, un agent spécialement chargé de rechercher les meilleures méthodes de fabrication ; et c'est quelques années après, que le nommé *Cabanes*, anglais, établit en vertu d'un arrêt du conseil, une fabrique d'impression sur coton dans les cours de l'arsenal. Mais il paraît bien démontré que Cabanes était peu initié aux secrets de fixer les couleurs sur le coton ; et B... dit dans son *Traité*, page 4 : *Voici aussi des échantillons des premières productions d'un établissement formé à Paris en 1754, par deux négociants nommés Cottin et Cabanes ; on ne pourrait jamais croire qu'un tel barbouillage ait pu porter le nom de toiles peintes.*

« Cet auteur avait dit précédemment en parlant des échantillons de toiles peintes, apportés d'Angleterre et remis au gouvernement en 1751 : *J'ai été autant frappé de la beauté des couleurs que de l'exécution du dessin ; des fabriques très-accréditées s'en feraient honneur aujourd'hui.*

« Un pareil témoignage prouve suffisamment que les Anglais l'emportaient alors sur nous dans l'art d'imprimer les étoffes, par l'exécution du dessin et la beauté des couleurs qu'ils fixaient sur le coton. Mais aujourd'hui c'est bien différent ; nos manufacturiers ont fait un grand pas, sous le rapport du fini du travail et de la régularité des opérations mécaniques. Les couleurs de nos étoffes sont belles et solides ; et nous pouvons même ajouter sans crainte d'être accusés de trop d'orgueil national que nous l'emportons sur nos voisins par le goût et la création de choses nouvelles.

« C'est aux savants coloristes et aux artistes de nos manufactures que l'art de la fabrication des impressions sur étoffes doit les immenses progrès qu'il a faits depuis 40 ans. C'est à Berthollet, à Chaptal, à Chevreul particulièrement, que l'on doit les observations les plus curieuses et les plus essentielles dans l'art d'imprimer les étoffes. C'est à M. Chevreul enfin que l'on doit d'avoir expliqué le rôle que jouent les agents chimiques et la vapeur dans les opérations qui ont pour but de fixer les matières colorantes sur les tissus.

« Les étrangers eux-mêmes reconnaissent notre supériorité sur ce point, et l'anglais Home, dans son *Histoire du commerce*, s'exprime ainsi : *C'est à l'Académie des sciences que les Français doivent la supériorité qu'ils ont dans les arts et surtout dans celui de la teinture.*

« Il paraît bien prouvé par les écrits des auteurs de l'époque, qu'en 1750, on imprimait déjà en Angleterre beaucoup de toiles de fil de coton. Ces toiles étaient fabriquées à Manchester, comme elles le sont encore aujourd'hui. On évaluait, à cette époque, à près de cent cinquante mille le nombre de pièces que l'on y faisait annuellement. Ces pièces étaient envoyées en écru à Londres, et elles étaient blanchies et imprimées dans ses environs. Les historiens nous apprennent aussi qu'en Angleterre, comme en France, les tisserands en soie, en laine et en fil de lin, manifestèrent l'opposition la plus vive contre l'usage des toiles imprimées, soit importées de l'étranger, soit faites dans le pays.

(1) Extrait d'un *mémoire sur un nouveau procédé de teinture et d'impression* par M. GONFREVILLE. Paris, 1845, p. 7.

« Ainsi, dès l'année 1680, les ouvriers tisserands pillèrent la maison de la Compagnie des Indes, pour se venger, disaient-ils, des importations qu'elle avait faites de plusieurs milliers de pièces d'indiennes. Ils amenèrent ensuite le gouvernement, par des demandes incessantes, à défendre complétement aux marchands anglais la vente de tous leurs tissus de coton imprimés pour robes et ameublements. Néanmoins, les indiennes furent toujours importées, en vertu d'un privilége, par la Compagnie des Indes orientales; et, à l'abri de ce privilége, la majeure partie des toiles entraient en contrebande malgré les peines excessives auxquelles étaient exposés les contrebandiers ou importateurs. Cette contrebande suffit pour jeter l'alarme parmi la population manufacturière de Spitafields; et les hommes d'État d'alors, intimidés, disent les auteurs anglais, par la population turbulente de la partie est de Londres, rendirent en 1720, une loi absurde, qui défendait de porter toute espèce d'indienne, quelle qu'en fût l'origine. Cet édit sévère força les manufacturiers en ce genre de fermer immédiatement leurs établissements; et des milliers de personnes furent jetées sur le pavé presque sans asile et sans pain.

« En 1730, cet arrêt du parlement fut aboli par des législateurs un peu plus sages et qui permirent la fabrication des toiles dites *calicots britanniques;* mais les toiles imprimées devaient être faites de fil, de chanvre, de coton et payer une taxe de 60 centimes par mètre carré. Il est facile de présumer qu'avec une pareille taxe et le régime rigoureux des vérifications des commis de l'assise pour asseoir cette taxe, la fabrication des impressions sur calicots, en Angleterre, ne pouvait faire des progrès bien rapides; aussi 50,000 pièces à peine de cette étoffe mixte furent-elles imprimées dans tout le royaume de la Grande-Bretagne pendant l'année 1750, principalement dans le voisinage de Londres. En 1840, la seule manufacture de M. Toast, à Manchester, produisait près de 20 fois cette quantité; et il y a même plusieurs manufactures qui produisent aujourd'hui plusieurs centaines de mille de pièces dans le cours d'une année. Ce n'est qu'en 1766 que cette industrie fut portée dans le Lancastshire, où elle a pris depuis cette époque un développement extraordinaire. Après l'année 1774, elle commença à s'étendre et à grandir beaucoup par suite de l'abolition d'une grande partie de l'arrêt de 1730, qui exigeait le mélange du fil avec le coton dans la fabrication des toiles. Depuis cette époque seulement, les imprimeurs de calicots ont fait des affaires immenses et productives, quoique forcés d'acquitter une taxe de trente centimes par mètre carré, taxe qui était restituée du reste à la sortie des marchandises du royaume, sous le nom de *drawbach*.

« Les fabricants commencèrent alors à imprimer sur le coton seul des couleurs plus riches, plus vives et plus solides, tandis qu'autrefois ils étaient forcés d'imprimer sur des tissus de fil et de coton mélangés, et qui différaient essentiellement dans leurs affinités réciproques pour les principes colorants.

« C'est aussi par la suite de l'abolition de la prohibition en France que la manufacture de Jouy, près Versailles, fut créée, en 1759, par le célèbre Oberkampf, d'origine Suisse, dessinateur, coloriste et imprimeur chez Cabanes; et presque en même temps, Frey, de Genève, et Abraham Pourchet, de Bolbec, fondèrent une fabrique d'indiennes à Bombeville près de Rouen. Plus tard, Pierre Roger éleva une fabrique à Deville; Maromme, Bapaume, Darnetal et Bolbec possédèrent ensuite des manufactures d'indiennes; mais, il faut le dire, presque toutes les entreprises de ce genre ont été dirigées par des étrangers.

« Nous ne pouvons entrer ici dans l'histoire de toutes les machines et inventions qui se sont accumulées surtout depuis le commencement du siècle. C'est aussi à partir de cette époque qu'on a commencé à introduire dans les fabrications l'usage des matières minérales pour colorer les tissus, ainsi que l'emploi des machines cylindriques, et de celles dites *à planche plate*, pour imprimer les tissus ou indiennes (1). »

Parmi les fabricants du siècle dernier qui ont laissé la réputation la plus glorieuse, par la hardiesse et la constance dans les entreprises, nous devons citer au premier rang le célèbre Oberkampf, qui a porté les procédés du garançage sur les toiles de coton au plus haut degré de splendeur.

Oberkampf (*Christophe-Philippe*, baron), fondateur de l'industrie des toiles peintes et de la filature du coton en France, naquit, le 11 juin 1738, à Weissenbach (margraviat d'Anspach). Son père qui s'établit à Aarau (canton d'Argovie), lui donna les premiers principes de l'art qu'il était destiné à perfectionner. Il quitta la maison paternelle à l'âge de 19 ans, avec 25 louis, pour venir à Paris naturaliser une industrie qui devait affranchir la France du tribut qu'elle payait à l'étranger. L'ordonnance royale de 1759, autorisa une fabrication jusqu'alors défendue dans le but de protéger la culture du chanvre, du lin et de la soie. Plein de courage, Oberkampf se livra presque sans aide à ses premiers essais. Logé dans une chaumière du village de Jouy, dans la vallée de Bièvre, non loin de Versailles, il était à la fois dessinateur, graveur, teinturier et imprimeur. Le progrès vint rapidement. Oberkampf forma des ouvriers, et son établissement prit de l'extension; une contrée marécageuse fut desséchée et assainie; en peu d'années, le village de Jouy ne fut pas re-

(1) Voir le *Dictionnaire des Arts et Manufactures.* — Les personnes qui désireraient étudier les procédés de la teinture y trouveront indiqués les meilleurs ouvrages technologiques qui traitent de cette industrie.

connaissable. Quand l'envie voulut nuire à ses travaux, l'abbé Morellet, partisan de la liberté de l'industrie, le défendit avec chaleur. Oberkampf ne se reposait point dans son succès, mais il y puisait les moyens d'améliorer ses procédés. Pour cela, il envoyait, à ses frais, des hommes capables, afin qu'ils étudiassent les manières de faire, en Allemagne, en Angleterre et jusqu'en Perse. On fabriqua, à Jouy, des toiles peintes transparentes et d'un merveilleux effet quand la lumière venait se jouer dans leurs couleurs; des stores de fenêtres coloriés et offrant des dessins dans le genre de ceux des anciens vitraux d'église. L'établissement de la belle filature d'Essonnes ne fut pas moins utile. Si l'on veut apprécier par des chiffres les services qu'Oberkampf rendit au pays, il suffit de remarquer que, pour 60 millions de matière brute, la France gagna, par la fabrication, 240 millions, et que les deux industries naturalisées par lui occupent maintenant plus de 300,000 ouvriers. Les honneurs suivirent la fortune de cet homme de bien. Déjà Louis XVI lui avait fait offrir des lettres de noblesse, qu'il avait refusées pour ne pas faire d'envieux. Il ne voulut pas davantage accepter la dignité de sénateur qui lui fut proposée plus tard. Dans une première visite à la manufacture de Jouy, Napoléon détacha de sa poitrine sa croix de la Légion d'honneur pour en décorer Oberkampf; il lui conféra aussi le titre de baron. En 1815, Oberkampf vit avec douleur, par suite de l'invasion, ses ouvriers sans travail et sans pain. *Ce spectacle me tue*, disait-il; et il mourut en effet le 4 octobre 1815. — Son fils *Emile* OBERKAMPF, ancien député de Saint-Quentin, etc., est mort le 9 avril 1837, âgé de 49 ans.

Nous ne saurions terminer cet article sans citer encore cette grande famille des KOECHLIN dont l'activité et le génie industriel ont su dans l'espace d'un siècle seulement porter le travail, l'aisance et la richesse au sein de l'une de nos plus belles provinces. La famille Kœchlin remonte à *Samuel* KOECHLIN, né à Mulhouse, en 1719. Dans l'année 1746, ce patriarche de l'industrie alsacienne établit dans cette ville, en société avec Jean-Henri Dollfus et Jean-Jacques Schmaltzer, la première fabrique de toiles peintes, industrie encore dans l'enfance alors, mais qui était destinée à faire la gloire et la prospérité de Mulhouse. Samuel Kœchlin mourut en 1771, laissant 12 enfants, dont 8 fils.

Jean KOECHLIN, l'aîné, continua les travaux de son père, et c'est principalement de sa branche que nous devons nous occuper, bien que plusieurs autres fils de Samuel aient rempli honorablement diverses fonctions. Jean Kœchlin renonça pendant quelque temps à l'industrie pour diriger une sorte d'école supérieure connue sous le nom d'*Institut*, et qu'il fonda dans sa ville natale, de concert avec un de ses beaux-frères. Cependant il rentra dans la carrière industrielle, et ce fut dans les ateliers de Wesserling qu'Oberkampf de Jouy fit pour ainsi dire ses premières armes.

Son fils, M. *Nicolas* KOECHLIN, né en 1781, est le créateur de l'important établissement connu, depuis l'année 1802, sous la raison de *Nicolas Kœchlin et frères*. Il y associa son père et successivement neuf de ses frères et beaux-frères. Cette maison acquit le plus grand développement et tenta, une des premières en France, de faire concurrence sur les marchés lointains au peuple le plus manufacturier du monde; elle eut, pendant plusieurs années, des dépôts d'indiennes dans les deux Amériques, en Turquie, en Perse et jusqu'aux grandes Indes. La fabrication du coton avait donné un brillant essor à l'industrie manufacturière, jusque-là renfermée dans de petites proportions. Bientôt les découvertes et les applications utiles se multiplièrent dans la chimie et dans la mécanique. La famille Kœchlin voulut y associer l'Alsace, et par elle la France. Indépendamment de feu M. Nicolas Kœchlin, l'honneur en revient à l'un de ses frères, M. *Daniel* KOECHLIN, chimiste distingué qui reçut la décoration de la Légion d'honneur en récompense de ses travaux, à la suite de l'exposition de 1819.

Quant aux autres branches de la famille Kœchlin, nous citerons dans celle du docteur Jacques Kœchlin (fils de Samuel) son fils, M. *André* KOECHLIN, né en 1789. Choisi pour devenir son gendre par un des premiers et des plus riches manufacturiers de Mulhouse, DOLLFUS-MIEG, dont le nom a retenti dans nos expositions publiques de l'industrie, et qui lui légua la direction de ses vastes établissements, M. André Kœchlin ne faillit pas à ses destinées. La mort de son beau-père, en 1818, le mit à la tête de la maison Dollfus-Mieg et Ce. Sous son habile direction, cette maison, qui embrassait la filature, le tissage et l'impression des toiles peintes, continua à marcher dans la voie du progrès (1).

TOLE. — Nous avons déjà parlé, aux articles ÉTAMAGE et FER-BLANC, des avantages que procure au fer réduit en feuilles minces l'application d'un autre métal; nous emprunterons à l'*Encyclopédie des gens du monde* la note que l'on va lire sur l'ensemble de cette espèce de préparation.

« La TÔLE, dit M. Déadé, est une plaque en feuille de fer métallique, dont la surface est rendue lisse à l'aide du martinet ou du laminoir. On en distingue de deux sortes : la tôle forte ou fer noir, employée pour la confection des chaudières à vapeur, et qui exige une certaine épaisseur, et le fer-blanc qui est beaucoup plus mince. Autrefois la tôle forte se fabriquait avec des marteaux sur une table d'enclume un peu voûtée pour hâter l'étirage. On se servait alors, et l'on se sert encore dans certaines fabriques, de fer méplat d'une médiocre épaisseur que

(1) Voir l'*Encyclopédie des gens du monde*.

l'on fait chauffer en barres. A l'aide du marteau, on en fait des languettes, puis une nouvelle préparation les transforme en semelles, que l'on réunit au nombre de six à vingt pour en faire des trousses; on les étire ensuite en feuilles que l'on finit par battre avec un marteau de bois pour les rendre encore plus lisses. Ces diverses opérations constituent ce qu'on appelle le dégrossissage et le finissage. Aujourd'hui, l'usage du laminoir les a beaucoup simplifiées et en a diminué la main-d'œuvre. Le principal travail de l'ouvrier consiste à faire chauffer à plusieurs reprises les barres de fer et à les présenter à l'action des cylindres. Ceux qui servent au dégrossissage sont ordinairement cannelés. La tôle corroyée au bois, que l'on emploie de préférence dans la fabrication des chaudières de machines à vapeur, se fait principalement en France, à Imphy, avec les fers du Berry; à Abainville, avec les fers de la Meuse; et à Bazeilles, avec ceux des Ardennes. La tôle mince ou fer-blanc ne se fabrique avec le martinet que dans quelques usines du nord de la France et en Silésie. Le laminoir, dont l'usage est devenu presque universel, exige quatre opérations : le dégrossissage, l'espatage, le décapage et le finissage. Le dégrossissage se fait avec des cylindres beaucoup plus cannelés que ceux dont on se sert pour la tôle forte, puis on découpe les barres en plaques ou bidons qui sont soumis à l'espatage, second dégrossissage partiel; le décapage a pour but de dégager les feuilles de tôle des couches d'oxyde qui les recouvrent; on les soumet ensuite au finissage par le laminoir et on y revient à plusieurs reprises. C'est alors que les lames sont portées à l'étamage; de cette opération dépend cette teinte plus ou moins brillante qui a fait donner à la tôle mince le nom de fer-blanc.

« Le principal foyer de la fabrication du fer-blanc est, pour la France, à Montataire, Audincourt, Bains, et autres usines de la Franche-Comté. »

Mais il y avait un progrès immense à faire pour l'industrie des différentes préparations d'ÉTAMAGE, c'était de rendre les feuilles de fer en quelque sorte inaltérables, c'est ce à quoi l'on est parvenu par le procédé de la galvanisation. Ici nous laissons parler M. Barral, répétiteur à l'Ecole polytechnique.

ÉTAMAGE AU ZINC. — « On étame le fer avec le zinc comme avec l'étain, dit M. Barral, en plongeant le fer réduit en feuilles et bien décapé par l'un des procédés que nous avons donnés, dans du zinc fondu, et le retirant très-peu de temps après. Il y a pénétration du fer par le zinc, et cette pénétration est telle, que l'alliage formé fondrait si l'immersion durait un temps assez long. Le produit obtenu présente un avantage réel pour certains usages et est préférable au fer-blanc ordinaire. Les deux métaux, fer et zinc, sont susceptibles d'être altérés par l'eau, mais une action galvanique est produite, et le fer négatif, par rapport au zinc, est alors moins oxydable que ce métal. Le zinc s'oxyde donc dans l'eau et protége le fer, mais, en outre, il donne un oxyde qui fait vernis, tandis que l'oxyde de fer tombe; ce vernis empêche l'oxydation de continuer. Les avantages du fer zinqué qu'on a appelé *fer galvanisé*, sont bien reconnus aujourd'hui, et par exemple, dans la marine, on emploie avec succès les clous galvanisés. La découverte de ce produit date de **1742**, mais elle était restée dans l'oubli; et ce n'est que dans ces dernières années, que M. Sorel, par des expériences suffisamment décisives, en a démontré toute l'importance.

« Nous rendrons donc toute justice à M. Sorel, car il a rendu un immense service à l'industrie en faisant voir expérimentalement que le zinc préservait le fer, tandis que Malouin, le premier inventeur du fer galvanisé, n'avait point constaté l'excellence du produit dont il a indiqué la préparation. Les moyens de préparation du fer galvanisé imaginés par M. Sorel sont l'objet d'un brevet d'invention; nous n'en parlerons donc pas. D'ailleurs nos lecteurs trouveront assez de renseignements dans le passage suivant extrait du mémoire de Malouin (*Mémoires annexés à l'histoire de l'Académie royale des Sciences*, **1742**, pag. **110**) : « L'analogie que j'apercevais entre le zinc et l'étain, dit Malouin, me conduisait à chercher les moyens de blanchir superficiellement le cuivre par une couche de zinc, comme on l'étame ordinairement : la même chose m'encourageait aussi à tâcher de faire du fer-blanc avec le zinc comme on le fait avec l'étain; je souhaitais d'autant plus y réussir, que j'imaginais que le zinc donnerait un blanchiment plus parfait que ne le donne l'étain, parce que le zinc étant beaucoup plus dur doit être beaucoup plus difficile à user; d'ailleurs le zinc se fondant bien plus difficilement que ne fait l'étain, le blanchiment des vaisseaux fait avec le zinc résisterait bien plus au feu que leur blanchiment fait avec l'étain; enfin l'étain a l'inconvénient de noircir les doigts et le linge lorsqu'on l'essuie, ce que ne fait pas le zinc; l'étain a une odeur qui n'est pas agréable, le zinc est sans odeur. Encouragé par la supériorité que je supposais au zinc sur l'étain, je me mis à rechercher les moyens d'effectuer le blanchiment du fer et du cuivre avec le zinc comme on le fait avec l'étain; je les ai découverts. Le Mémoire que M. Réaumur donna en **1725** sur les principes de l'art de faire du fer-blanc m'a servi de guide dans les différents essais que j'ai été obligé de faire avant que de trouver le secret de faire le fer-blanc avec le zinc et l'étain; le moyen qui m'a le mieux réussi pour cela, a été celui du sel ammoniac. Il faut avant toutes choses rendre son fer bien net, ensuite le tremper dans la dissolution de sel ammoniac, et le plonger dans du zinc fondu, d'où on le retire aussitôt; on a par ce moyen un fer-blanc dont le blanchiment paraît tenir au fer encore plus fort que n'y tient celui qu'on fait avec l'étain. Ayant

« vu que le blanchiment du fer pouvait se « faire avec le zinc comme avec l'étain, j'es- « pérai que je pourrais aussi faire celui du « cuivre par le même moyen; j'ai fait les « mêmes essais que pour blanchir le fer; j'ai « trouvé que le zinc s'attache au cuivre « comme au fer, et qu'il s'y attache pour le « moins aussi bien que l'étain. Il faut, après « avoir décapé le cuivre avec de l'eau-forte, « employer le sel ammoniac comme on l'em- « ploie pour le fer avant que de le mettre « dans le zinc fondu. Après m'être ainsi as- « suré que le zinc s'attache aussi bien au « cuivre que l'étain, je ne doutai pas qu'on « ne pût blanchir la surface intérieure des « vaisseaux de cuivre avec le zinc, aussi ai- « sément qu'on les étame ordinairement; « mais je me trompais en cela parce que « lorsqu'il s'agit de blanchir des vaisseaux « en dedans, la préparation de ces vaisseaux « soit de cuivre, soit de fer, ne suffit pas, il « faut en outre y étendre également et y con- « duire avec la main l'étain ou le zinc fondu, « ce qui est plus difficile que d'y plonger seu- « lement une feuille ou de fer ou de cuivre.

« Les ouvriers en étamage ne peuvent se « persuader qu'il soit possible d'employer « pour leur ouvrage d'autre métal que l'é- « tain, et ceux que j'ai engagés à employer « du zinc au lieu d'étain n'ont jamais voulu « prendre dans leur travail avec le zinc des « précautions différentes de celles qu'ils « prennent lorsqu'ils étament à l'ordinaire; « cela m'obligea d'essayer à étamer moi- « même..... Les obstacles que j'avais à sur- « monter dans cette opération venaient de « ce que le zinc ne s'étend que lorsqu'il est « bien fondu et qu'il est entretenu bien « chaud; c'est pourquoi il fallait que je fisse « bien chauffer le vaisseau de cuivre que je « voulais blanchir. Mais après avoir versé « le zinc bien fondu dans un vaisseau qui « était très-chaud sur un feu de charbon, « lorsque je venais à étendre le zinc avec la « main, le feu prenait à l'étoupe par la ré- « sine qui s'enflammait, ce qui rendait l'o- « pération impraticable... Mais dans une « seconde opération, n'ayant point mis de « résine à l'étoupe, le feu n'y prit pas; or, « il ne faut point de résine à l'étoupe, quand « on a soin d'employer du sel ammoniac « dans le décapage. »

« Nous n'avons besoin de rien ajouter à la description de Malouin; la résistance inerte contre l'emploi du zinc, qui est venue de la part des ouvriers ne voulant point renoncer à leurs méthodes habituelles, est un fait qui se présente trop souvent pour qu'on ne comprenne pas comment il fallut un siècle pour que son invention fût appliquée par des ouvriers non formés en corporation comme autrefois. Si les anciennes maîtrises eussent encore existé, M. Sorel n'eût point été admis à fabriquer le fer galvanisé.

« Le zinc dont on fait usage doit être parfaitement pur, et si on le fait fondre dans des creusets de terre, ces creusets doivent être, surtout si les objets sont d'un grand volume, renfermés dans d'autres creusets de fer ou de fonte, en remplissant l'intervalle compris entre les deux creusets avec du sable ou du plomb. Quand on emploie directement des creusets de fer ou de fonte, il se forme un alliage de fer et de zinc qui perfore les creusets en peu de jours et les met hors de service. Pour obvier à cet inconvénient, on met du plomb au fond du creuset, et on munit le creuset d'un anneau de fer qui descend jusqu'au bain de plomb et on remplit avec de l'argile le vide cylindrique qui existe entre l'anneau et le creuset. Le zinc ne se combine pas avec le plomb et surnage; il n'attaque que l'anneau de fer qu'on remplace quand il est hors de service. On chauffe les creusets avec du coke ou du charbon de bois.

« On préserve le bain de zinc de l'oxydation en le couvrant d'une couche de sel ammoniac, ou bien d'un flux formé de résine ou de carbonate de soude.

« Quand ce sont de gros objets que l'on veut zinguer, on doit les chauffer d'abord dans un four à réverbère ou un autre, après qu'ils ont été décapés à l'acide et récurés. Les vis ou autres objets auxquels on ne veut pas que le zinc prenne, sont recouverts d'une légère couche d'argile, et quand il y a des cavités ou des trous, on les bouche avec des chevilles ou des pièces de bois.

« Pour effectuer le zingage des clous et des autres articles du même genre, on les place d'abord dans un panier en fil de fer, ou dans un vaisseau de forme quelconque percé de trous. Le panier ou vaisseau est alors plongé dans le zinc liquéfié et le bain de métal couvert avec une couche de sel ammoniac; le panier étant enlevé du bain est secoué en ayant soin de détacher des objets le zinc en excès. On peut aussi, dans le même but, jeter ces objets dans un cylindre percé de trous tournant sur son axe et qui a été chauffé à un degré de chaleur suffisant pour empêcher toute quantité superflue de zinc d'adhérer aux trous ou cavités. Tous les objets sont d'ailleurs jetés dans l'eau, à un moment opportun que l'habitude fait connaître, afin que, par un refroidissement subit, le reste du zinc excédant s'en détache.

« Pour finir les objets assez considérables, on fait disparaître par la lime ou par le grattoir toutes les inégalités qui se trouvent à la surface. Ensuite on donne le poli avec la pierre-ponce ou du grès, en terminant par du cuir ou du liége. — Enfin, on achève de rendre la couche de zinc complétement préservatrice en récurant les surfaces zinguées avec du sablon humide, puis en les humectant avec un chiffon trempé dans une solution de sel ammoniac, ce qui produit, à ce qu'il paraît, un vernis très-solide.

« On préserve aussi les surfaces de fer par un enduit formé de zinc en poudre et d'une substance onctueuse, que l'on appelle *peinture galvanique*. Pour préparer la poudre de zinc, on place ce métal dans un fourneau à réverbère; on lute avec soin toutes les ouvertures qui pourraient donner issue à l'air, et on élève peu à peu le zinc fondu

jusqu'à une température voisine du rouge. Alors on ouvre la porte de travail du fourneau, on écume le bain de zinc et on y jette le dixième de son poids de limaille de fer forgé humecté avec de l'acide hydro chlorique, auquel on a ajouté un peu de sel ammoniac; on a soin d'agiter tout le temps. Après l'introduction de la limaille, la surface du zinc est recouverte avec du charbon en poudre fine, et la température portée au rouge cerise ou à peu près. On maintient le zinc à cette température pendant une heure environ en l'agitant de temps à autre avec un ringard.

« On verse ensuite le métal dans une auge en brique, en terre ou en fonte; on le préserve du contact de l'air avec un couvercle de fonte. On l'agite au moyen d'une spatule en fer qui passe par une ouverture percée dans le couvercle, jusqu'à ce que, par le refroidissement, il devienne assez solide pour ne plus être remué. Il peut alors être réduit en poudre, ce à quoi l'on voulait arriver en en faisant un alliage avec du fer.

« On prépare une très-bonne peinture avec cette poudre en la mélangeant avec l'huile obtenue par la distillation du goudron de gaz à laquelle on ajoute un tiers d'essence de térébenthine.

« On fait aussi avec la même poudre de zinc une pâte qui peut être employée à préserver les objets de cuivre, acier, fer limé ou poli qu'on en frotte tout simplement. Cette pâte se compose de cire fondue à laquelle on ajoute dix fois son poids de zinc en poudre et environ un 50e de suif ou d'huile (1). »

TRANSPOSITEUR. — On nomme *transpositeur*, dans les orgues ou dans les pianos, la disposition particulière du mécanisme du clavier, qui permet à ce clavier de pouvoir glisser de droite à gauche et de gauche à droite, afin qu'une même note communiquant son mouvement d'enfoncement à un certain tuyau ou à une certaine corde, puisse, selon que le clavier glisse de plus ou moins de crans dans un sens ou dans un autre, venir communiquer ce même mouvement à d'autres tuyaux ou cordes et par là changer la *tonalité* de l'instrument. — *Voy.* l'article ORGUES.

On verra de suite quels sont les avantages que présente un pareil système pour l'organiste peu habitué à transposer, en ce qu'il lui procure de suite et sans aucun travail le moyen de se mettre au ton d'un chœur qu'il accompagne. Cette idée que le célèbre abbé Vogler avait conçue et qui n'était pas sans précédents, devait être l'objet, dans ces derniers temps, d'un développement considérable dû au charlatanisme des facteurs.

Nous expliquerons en peu de mots, le mécanisme du transpositeur, tel qu'il a été conçu par l'abbé Vogler et tel que l'a retrouvé M. Clergeau. Le tout consiste en un clavier supérieur adapté à l'aide de deux coulisses sur le clavier ordinaire de l'instrument. — Entre ces deux claviers, il existe une tringle de bois mince fixe, laquelle supporte une rangée de *pilotes* d'un nombre égal à celui des touches de ce dernier clavier. Ces pilotes portent de leur extrémité inférieure sur la touche du clavier de l'instrument et portent par leur extrémité supérieure sur la semelle des touches du clavier supplémentaire, de sorte que le mouvement d'enfoncement des touches du clavier supérieur se communique dans le même ordre à celles du clavier inférieur.

Rien n'est plus simple à comprendre maintenant qu'à l'aide de ce moyen l'organiste pourra baisser ou monter le ton de son orgue, c'est-à-dire transposer, car il n'aura pour tout travail à faire que celui qui consiste à faire glisser le clavier supérieur du nombre de divisions utiles. Ajoutons qu'une broche est fixée sur le devant du clavier mobile et que pour faciliter à l'organiste le moyen de ne pas se tromper, cette broche entre dans les trous d'une plaque portant le nom de chacun des tons différents de la transposition. A ce moyen préconisé par M. Clergeau, les facteurs habiles ne tardèrent pas à ajouter des perfectionnements nombreux et en fait de transpositeurs, celui qui mérite le plus l'attention par sa bonne construction et sa solidité, est celui que M. Stein adapte à ses orgues.

Le transpositeur de M. Stein n'est aucunement apparent : tout le mécanisme est logé intérieurement, de sorte qu'un seul et même clavier, celui de l'instrument s'y présente à l'extérieur, et il suffit de lever un crochet placé sur la face de ce clavier, pour qu'à l'instant la transposition ait lieu.

Un immense perfectionnement au transpositeur vient encore d'être fait tout nouvellement par un organiste de talent, M. l'abbé *Perrard*, vicaire à Digoin, département de Saône-et-Loire, voici en quoi il consiste : Le transpositeur ordinaire n'avait qu'un but et ne présentait qu'un seul avantage; celui de changer à volonté les tonalités, mais il ne laissait pas moins à l'organiste le travail résultant de la lecture de la musique dans les différents tons procédant par *dièses* et par *bémols*. Ainsi, si un morceau était écrit avec 4 bémols à la clef, il fallait néanmoins que l'organiste jouât ce morceau dans le ton de *la bémol*.

L'idée qui a amené M. l'abbé Perrard aux combinaisons de son invention était celle-ci, d'éviter cette grande difficulté encore à l'organiste et de lui ramener tous les tons dans un seul et unique, celui d'*ut naturel majeur*, et alors le travail à faire pour toucher l'orgue serait tellement amoindri qu'il n'y aurait plus une seule personne ayant un peu de bonne volonté qui ne parvînt bientôt à jouer ce magnifique instrument.

Les moyens qu'emploie M. l'abbé Perrard pour réaliser cette belle idée sont aussi simples qu'ingénieux. — Le clavier est disposé de manière que chaque touche porte sur deux leviers à la fois et à l'aide de vis fichées

(1) Voir le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*.

à la semelle de chaque touche, dans un certain ordre, selon que l'on amène le clavier plus ou moins en avant, une de ces vis porte tantôt à gauche, c'est-à-dire sur un bémol, tantôt à droite sur une note naturelle ou diésée, d'après l'ordre voulu par le nombre de dièses ou de bémols de la clef, c'est-à-dire, d'après le ton du morceau de musique que l'on exécute. On conçoit dès lors que l'organiste n'aura plus aucunement à se préoccuper de reproduire les accidents de la clef, et qu'en jouant les notes naturellement, c'est-à-dire telles qu'il les aperçoit dans le cours du morceau, ces notes ne se reproduiront pas moins telles que l'exige cette musique.

Quelle simplification ne résulte-t-il pas de cette belle idée, tous les tons ramenés en *ut*, c'est-à-dire dans un ton qui peut s'apprendre en huit jours d'étude !

A cette innovation M. l'abbé Perrard ajoute la transposition ordinaire, de sorte qu'il n'y a plus qu'un seul reproche à faire à l'auteur, c'est de ne pas avoir produit sa conception plus tôt, et de la laisser gémir et oublier. Heureusement que M. l'abbé Perrard a bien voulu confier l'exécution de ses moyens et la propagation de son système à notre habile facteur d'orgues M. Stein qui, lui donnant l'appui de son nom et de sa maison, saura bientôt la répandre comme elle le mérite.

Nous ne saurions trop louer M. l'abbé Perrard du zèle et du désintéressement qu'il a apporté dans la cession de son brevet à M. Stein : *Voilà mon idée*, dit-il, *voilà le produit de quelques années de labeur intellectuel. Donnez-lui l'essor dont vous le jugerez digne, et pour toute récompense, je ne réclame que l'honneur de mon invention; je serai assez heureux, si, comme je le crois, elle est utile à mes confrères et au bien de la religion.*

TREMPE. — Opération par laquelle on augmente considérablement la dureté de l'acier. Pour cela, il suffit, lorsqu'il a acquis une chaleur convenable, de le refroidir subitement en le plongeant dans l'eau froide ou dans le mercure, dans les acides, des huiles ou autres compositions anciennement fort en vogue et à peu près négligées aujourd'hui. L'acier acquiert, par la trempe, de l'élasticité, de la dureté et devient cassant; il perd, par conséquent sa ductilité et sa malléabilité, son tissu est plus serré et plus fin. L'acier se détrempe et reprend ses qualités primitives quand, après l'avoir fait rougir, on le laisse refroidir lentement à l'air; une pièce détrempée peut se retremper plusieurs fois; mais elle perd de son carbone et par conséquent de ses qualités, à moins qu'on ait le soin de le lui rendre par la cémentation. Une fois trempé, l'acier devient propre à une foule d'usages auxquels il ne pouvait servir auparavant. Tous les outils exigent une trempe douce; tous les instruments tranchants doivent leur qualité à la trempe : poli, l'acier trempé augmente d'éclat, mais s'il l'est d'une manière trop forte, il se brise comme du verre; recuit après la trempe, il devient au contraire si souple que les ressorts en sont fabriqués.

Bien que l'opération de la trempe soit des plus simples, elle n'en exige pas moins beaucoup d'habitude et d'habileté, surtout pour l'appréciation du moment où le métal est arrivé au juste degré de chaleur nécessaire. Au-dessous de ce point l'acier ne se trempe pas; au-dessus, la trempe est moins bonne ou imparfaite, si même elle n'est tout à fait mauvaise; l'acier reste mou ou devient cassant. Pour les aciers ordinaires, la chaleur convenable est indiquée par la couleur rouge cerise; malheureusement, ce degré doit varier suivant les qualités de l'acier; c'est donc inutilement qu'on avait imaginé de faire chauffer l'acier dans un bain d'alliages métalliques dont la fusibilité était en rapport avec la chaleur qu'on croyait bon de donner à l'acier.

L'eau convient tout particulièrement pour le refroidissement des pièces destinées à être trempées, et certaines eaux jouissent d'une préférence de la part de quelques praticiens. Il est des cas aussi où l'eau crue donnerait une trempe trop vive : on répand alors sur l'eau une couche d'huile qui s'oppose au saisissement trop prompt de la pièce qu'on y plonge; d'autres fois, on fait tiédir l'eau ou bien l'on trempe dans l'huile, dans la graisse, dans de la corne même, etc. Les eaux alcalines sont bonnes quand l'acier est peu carboné. Lorsqu'on trempe des pièces délicates, on les enduit d'un lut fait d'argile délayée dans de l'eau pour les mettre au feu, et dont on les débarrasse en les secouant avant de les jeter dans le liquide refroidissant.

L'acier trempé, s'il restait dans tout son dur, serait trop cassant; on ne le laisse donc dans cet état que lorsque le polissage est sa seule destination. Pour lui donner du liant et de l'élasticité, on le fait revenir, c'est-à-dire qu'on le remet au feu après avoir été refroidi. Il passe alors par les couleurs d'eau, jaune paille, jaune d'or, rouge-gorge de pigeon, violet foncé, bleu foncé, bleu clair; c'est alors qu'essentiellement élastique il est propre à faire des ressorts; on ne doit attendre le gris cendré auquel il arrive ensuite, que pour les aciers très-fins.

La trempe, dite au *paquet* n'est autre chose qu'une cémentation interrompue. Pour cela, on met au feu du simple fer mêlé de charbon de bois dans une boîte bien fermée. Quand la boîte est arrivée à la couleur rouge blanc, on l'ouvre et on retire la pièce qu'on jette dans l'eau. Si la pièce est mince, elle est entièrement transformée en acier; si elle est épaisse, sa surface seulement s'est plus ou moins profondément combinée au carbone, et par conséquent aciérée. On la recuit ensuite si cela est nécessaire (1).

TURBINES. *Voy.* ROUES HYDRAULIQUES.

TYPOGRAPHIE. *Voy.* IMPRIMERIE.

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*. (M. *L. Louvet*.) — Voir pour plus amples détails les articles ACIER et DAMAS.

U

URANE. — Corps considéré jusqu'en 1846 comme simple, mais que M. Péligot a reconnu être un oxyde d'un nouveau métal, l'*uranium*. Le seul des composés de ce métal employé dans les arts est celui connu sous le nom d'*oxyde d'urane :* il sert dans les couvertes et peintures sur porcelaine, ainsi que dans la fabrication des verres de couleur.

V

VACCIN. *Voy.* VACCINE.

VACCINE (de *vacca, vache*). — Le vaccin est en effet un virus emprunté à ces animaux, et inoculé aux hommes par la vaccination.

Le *cow-pox*, vérole ou picote des vaches, est une pustule qui survient au pis de ces animaux, et qui se communique par le contact. La remarque faite que les personnes atteintes de ces pustules échappaient à la terrible contagion de la *variole* conduisit l'illustre Jenner à l'une de ces découvertes immortelles (la *vaccination* ou l'*inoculation)* qui le place au premier rang parmi les bienfaiteurs de l'humanité. Grâce à sa sublime découverte nos campagnes et nos villes ont cessé d'être décimées par le fléau. Nous ne croyons pas qu'il soit hors de propos de donner ici un court aperçu biographique sur cet *homme utile ;* nous emprunterons ces lignes à l'*Encyclopédie des gens du monde*.

JENNER (*Edward*), médecin anglais dont le nom est inséparable de l'utile découverte de la vaccine, naquit à Berkeley (Glocestershire) le 17 mai 1749. Destiné à la carrière médicale, il reçut à Londres les leçons du célèbre anatomiste *John Hunter*, qui voulut se l'attacher; mais Jenner revint dans son pays natal, au sein de sa famille, pour cultiver les sciences naturelles et exercer les différentes branches de sa profession. Un mémoire de Jenner, plein d'originalité et d'une grande exactitude d'observations sur l'histoire naturelle du coucou le fit recevoir membre de la Société royale des sciences de Londres. Les différentes observations qu'il fit en médecine offrent généralement un grand fond d'intérêt et de nouveautés; mais les plus belles, celles qui consacrent à jamais sa gloire, sont celles qui l'amenèrent à découvrir dans la vaccine l'antidote assuré de la petite vérole. Depuis 1776 son attention s'était portée sur cet objet et ce fut en 1798 qu'il offrit au public sa grande découverte dans le livre intitulé : *An Inquiry into the causes and effects of the variolæ vaccinæ, a Disease discovered in some of the westery countries of England particularly Glocesterhire and known by the name of the Cow-pox* (trad. dans toutes les langues). Les années suivantes, il publia de nouvelles observations, et en 1801 il fit paraître l'*Origine de l'inoculation de la vaccine*. Bientôt on lui contesta le mérite de l'invention, on exhuma de vieux livres, on rappela des conversations. Rien ne prouve que Jenner en ait eu connaissance, et d'ailleurs il avoue lui-même que depuis longtemps il avait entendu parler de la propriété qu'avait la communication d'une éruption survenant au pis des vaches et appelé *cow-pox*, picote de vaches, pour préserver de la variole ; mais ce fait extraordinaire avait été si mal observé que cette opinion populaire était regardée comme un préjugé par les hommes instruits et surtout par les médecins. Que ne doit-on pas dès lors à celui qui a entrepris les expériences nécessaires, et qui, après avoir trouvé la vérité, a su répandre avec succès une méthode si utile au bien de l'humanité?

La vaccine, due aux savantes observations de Jenner, fut pour la première fois apportée en France par M Aubert ; les premiers essais en furent faits sous les yeux de M. Pinel (1). Dès le mois d'avril an VIII, M. le duc de La Rochefoucault-Liancourt ouvrit une souscription, et contribua puissamment à l'établissement d'un comité de vaccine. Des expériences nombreuses furent faites, de savants observateurs se livrèrent sans relâche à l'examen de cette nouvelle inoculation. On donna la plus grande publicité aux expériences et aux résultats, et trois membres de l'Institut firent inoculer leurs enfants. Le préfet de la Seine destina spécialement l'hospice dit du *Saint-Esprit* au service de la vaccine, et dès lors les expériences se multiplièrent, les faits furent et mieux suivis et mieux jugés, et l'on en conclut que la vaccine était un préservatif de la petite vérole. Le vaccin ou la liqueur prise soit au pis de l'animal, soit dans le bouton qui a été le résultat d'une première *inoculation*, étant inséré de quelque ma-

(1) Voici ce que dit M. Cadet relativement à la découverte de la vaccine : « M. Chaptal, dans une séance de la *Société d'encouragement*, a prouvé que la découverte de la vaccine a eu lieu à Montpellier en 1781. M. *Pew*, chirurgien anglais, ayant à cette époque accompagné dans cette ville M. Irland, négociant du Brésil, M. Rabaud-Saint-Etienne, ministre protestant, qui depuis la révolution a figuré dans nos assemblées législatives, proposa à M. *Pew* d'essayer le vaccin des vaches, appelé *picote* dans le pays, pour inoculer la petite vérole. Ces détails sont établis par deux lettres écrites en 1784 de Bristol par M. *Irland* à M. *Rabaud*. Heureux d'avoir diminué les maux de l'humanité et peu ambitieux, ce digne pasteur n'a point réclamé la découverte de la vaccine, dont la première idée lui appartient. »

nière que ce soit sur un sujet disposé à le recevoir, reste le plus communément trois jours environ sans qu'aucun symptôme apparent manifeste son existence. Au bout de ce temps, et quelquefois plus tard, l'endroit de la piqûre s'élève, devient rouge, une vésicule se forme au sommet de cette rougeur. Lors de la formation du bouton de la vaccine, on observe ordinairement un petit mouvement de fièvre, ce qui est surtout remarquable chez les enfants. Le dessous des aisselles devient douloureux. Le bouton formé, le calme se rétablit et dure jusqu'au moment où une auréole rouge doit paraître autour du bouton. C'est ce qui arrive le huitième jour à dater de l'insertion ; quand le bouton s'est annoncé le quatrième, alors souvent on éprouve un accès de fièvre qui dure vingt-quatre heures : un cercle rouge entoure la pustule, il s'étend assez loin, et est souvent doublé par un autre cercle qui lui est extérieur et qui en est distinct : c'est là ce que l'on appelle l'auréole; la peau est profondément engorgée et rénitente. Bientôt la liqueur contenue dans la pustule devient moins limpide, l'engorgement se résout et se dissipe. La dessiccation s'étend, et, faisant corps avec l'épiderme qui la recouvrait, se durcit et forme une croûte brune, lisse et luisante qui adhère à la peau et ne se détache que le quatorzième ou le dix-huitième jour, laissant l'empreinte d'une légère cicatrice circulaire, qui reste au niveau de la peau, et ne s'efface point, ou ne s'efface que très-tard. La fausse vaccine ne se présente pas sous ces symptômes, et elle peut provenir de deux causes, soit que la personne vaccinée ayant eu la petite vérole ne se trouve pas disposée à recevoir cette inoculation, soit que l'on ait employé du vaccin défectueux ou qui ait perdu de ses qualités primitives. L'effet résultant se présente sous deux aspects : le premier, qui ne mérite pas le nom de fausse vaccine, offre les phénomènes suivants : le lendemain de l'insertion il se forme une rougeur, une démangeaison, et même on éprouve de la douleur aux aisselles. La rougeur va croissant jusqu'au quatrième jour. Le lieu qui répond à la piqûre s'élève en pointe et se couronne à peine d'une vésicule très-petite. La rougeur tombe ensuite et tous les symptômes s'évanouissent. On ne peut tirer aucune liqueur de ce bouton, et l'on ne peut guère supposer que l'on s'en soit jamais servi pour inoculer. On n'accorde donc point à ces exanthèmes le nom de *fausse vaccine*. La fausse vaccine au contraire est vraiment une pustule ; mais voici comment elle se distingue de la véritable : Elle débute, dès le second jour de l'insertion, par une véritable inflammation, à laquelle succède bientôt une vésicule ; mais elle est irrégulière, mal arrondie, saillante, dans son milieu comme dans son contour, elle n'est point partagée en cellules ni formée en bourrelet circulaire, et elle contient une liqueur lymphatique trouble, prenant la nature d'un pus ichoreux. Elle ne sèche pas en totalité comme la liqueur gommeuse de la vraie vaccine ; enfin c'est véritablement un petit ulcère. Sa liqueur inoculée reproduit la fausse vaccine, et peut ainsi, par des résultats toujours sensibles, mais toujours trompeurs, inspirer une sécurité malheureuse à ceux qui n'ont point appris à reconnaître la vraie vaccine par ses caractères distincts. La différence essentielle entre la vraie et la fausse vaccine est dans la propriété préservative de la petite vérole. Pour établir victorieusement que la vaccine préservait de la contagion de la petite-vérole, on s'est livré constamment à des expériences, on a tenu note des observations, les faits les plus authentiques ont été cités. Plusieurs fois on a fait coucher des enfants vaccinés avec ceux attaqués de la petite vérole, et elle ne s'est communiquée dans aucun essai de ce genre. On a inoculé la petite vérole à des sujets vaccinés un an ou dix-huit mois auparavant, et la petite vérole ne s'est point déclarée ; seulement quelques-uns des enfants soumis à ces épreuves ont ressenti dans le lieu de la piqûre une inflammation locale, quelquefois même une suppuration ; mais ces phénomènes ne proviennent que de l'effet d'une introduction plus ou moins profonde d'un corps étranger et de l'irritation qu'il excite dans le tissu cutané. Dans des contrées menacées de devenir victimes d'une épidémie variolique, on a vu les sujets vaccinés échapper à ce fléau, et souvent échapper presque seuls. Des faits nombreux observés, des expériences multipliées et suivies avec le plus grand soin, on a été en droit de conclure que la vaccine était un sûr et infaillible préservatif; que dans les circonstances qui se sont montrées dans certains cas où la petite vérole avait plus ou moins envahi des sujets vaccinés, on devait en déduire : 1° que le virus inoculé n'avait point eu son effet, ou avait eu pour résultat une pustule de la nature de la fausse vaccine ; 2° que les maladies survenues après l'inoculation de la vaccine ont été prises pour la petite vérole, et ne l'étaient pas; 3° que la petite vérole s'est développée avec la vaccine avant que celle-ci eût pu produire son effet préservatif. L'observation est venue donner une nouvelle force à ces conclusions, car, dans la plupart des cas sur lesquels on établissait ces réclamations et dans lesquels la petite vérole avait succédé à la vaccination, on s'est assuré que la fausse vaccine seule avait eu lieu, et l'on s'en est convaincu par la description même des phénomènes qu'elle avait présentés dans son développement, et des circonstances qui avaient accompagné le choix de la liqueur insérée. Des observations ont encore démontré que la petite vérole pouvait se montrer pendant les deux premières périodes de la vaccination, mais que l'envahissement n'était plus possible lors de la formation de l'auréole, jusqu'à la formation de la pustule en croûte.

Il est à remarquer que le développement du bouton de la vaccine peut éprouver de

telles variations, que l'on serait tenté de croire que l'opération aurait manqué. Chez un enfant, la marche de la vaccine se trouve arrêtée par les douleurs et les ravages de la dentition, tandis que la mère vaccinée avec le même virus voit se développer les symptômes de la vaccine dans leur ordre naturel. Chez l'enfant, et dans un moment de calme, treize jours après l'inoculation, le bouton paraît, la rougeur se forme, les orages de la dentition se renouvellent, mais les phases de l'irruption n'en sont pas moins troublées. On a vu des boutons provenant de piqûres faites au même bras dans la même vaccination, et à des bras différents, se développer à des époques assez distantes, et présenter toutefois les caractères de la véritable vaccine. Enfin, on assure que l'on a observé un enfant chez lequel il n'y a eu éruption que dix-huit jours après la piqûre, que l'éruption fut précédée de fièvre et d'accidents graves, et qu'enfin les boutons parurent autre part qu'aux piqûres. On a vu en outre, que différentes maladies, comme la dentition, les affections cutanées, pouvaient retarder la marche de la vaccine, mais on s'est convaincu que rien ne pouvait l'altérer, et on a prouvé que même en mêlant au vaccin des substances provenant d'affections cutanées, et vaccinant avec ce virus mélangé, le *bouton vaccinal* est sorti isolément, et les humeurs provenant des autres causes ont paru dans d'autres places. On a remarqué que la vaccine avait une influence assez prononcée sur les maladies que pouvaient avoir les sujets au moment de la vaccination, que la dentition en était facilitée et adoucie, que les éruptions cutanées étaient plus fortes et plus promptes, et que l'insertion du vaccin donnait une grande augmentation à l'action organique. L'innocuité de la vaccine est donc aussi bien établie que sa vertu préservative; il est reconnu qu'elle ne se propage que par l'insertion, et qu'à elle ne peut être attribuée la cause des désordres qui peuvent survevir pendant sa période. (Voir le *Moniteur*, an XI.)

La propriété préservative de la vaccine est suffisamment démontrée; mais il reste encore des observations à faire sur les modifications dont elle est susceptible. M. Hallé en a communiqué à l'Institut de très-intéressantes sur les irrégularités que l'inoculation de la vaccine a éprouvées à Lucques dans le cours de l'année 1806. Ces différences n'ont point affecté la marche, les périodes ni les caractères essentielles de l'éruption vaccinale; elles se sont manifestées dans *la forme du bouton* qui, en s'étendant et en se confondant avec de petites pustules réunies autour de la pustule principale, perdait et sa forme régulière, et la dépression ombilicale qu'il offrait au moment de sa formation. Quant à *la nature de la croûte qui succéda à la pustule*, celle-ci n'avait point la couleur brune, luisante, polie de la croûte de la vaccine ordinaire; elle était irrégulière dans sa forme comme le bouton qui lui avait donné naissance, et laissait dans la peau un enfoncement plus ou moins profond, qui se remplissait ensuite complétement; enfin, quant aux *éruptions de pustules sur tous les corps* qui se sont montrées dans le moment où se formait l'auréole autour du bouton principal, ces irrégularités ont été *épidémiques* dans tout le territoire de Lucques. *Les contre-épreuves faites par l'inoculation de la petite vérole* sur les individus qui avaient éprouvés des vaccines irrégulières, ont démontré que leur irrégularités n'avait aucunement altéré la propriété préservatrice de la vaccine. (Voir *Travaux, de la classe des sciences physiques mathématiques de l'Institut*, en 1806, deuxième semestre.)

Berthollet, Percy et Hallé, nommés par l'Institut rapporteurs de la commission chargée de présenter l'historique de la vaccine, et de déterminer son utilité, ou de signaler les dangers que l'introduction du virus pourrait présenter, émirent ainsi leur opinion :

« Nous croyons avoir mis hors de doute : 1° que l'insertion du virus de la vaccine n'introduit point dans le corps une matière qui soit de nature à porter dans nos organes un trouble remarquable, et qui doive être rejetée au dehors par des mouvements comparables à celui qui suit nécessairement l'inoculation de la variole ; 2° que les éruptions qui se sont jointes dans l'origine aux effets ordinaires de la vaccination, sont dues non à la nature du vaccin lui-même, mais à des circonstances le plus souvent connues et déterminables, au milieu desquelles les vaccinations ont été faites ; 3° que les événements malheureux qui ont été observés dans quelques cas, ont dû évidemment être rapportés à des causes étrangères à la vaccine, qui se sont développées pendant son cours, et qui, déjà existantes, y ont acquis une intensité qu'on doit attribuer, non, comme on l'a dit, au mélange du virus de la vaccine, mais à l'état particulier des sujets vaccinés ; 4° que les désordres consécutifs qu'on a quelquefois observés, après les vaccinations, quand ils ne se rapportent pas à des maladies préexistantes, sont évidemment des cas particuliers dus à des conditions individuelles, et qui, n'étant en aucune proportion remarquable avec la somme connue des observations exemptes de toutes suites fâcheuses, ne peuvent donner lieu à aucune conséquence générale ; 5° que ces observations particulières, en les supposant incontestables, sont avantageusement compensées par de nombreux exemples de maladies chroniques et rebelles qui ont complétemen et inopinément cessé à la suite des vaccinations ; 6° que ces exemples (si l'on en compare le nombre et les circonstances aux exemples semblables cités en faveur de l'inoculation variolique, et si à cela on joint la différence essentielle du caractère propre des deux virus et celles de leurs propriétés contagieuses) donnent au *virus vaccin* un avantage incomparable sur le *virus variolique*, considérés l'un et l'autre comme préserva-

tif de la variole et comme remèdes de plusieurs autres maladies ; 7° Enfin, que l'effet préservatif du *virus vaccin*, quand ce virus a été pris dans des circonstances déterminées qui en assurent la pureté, qu'en conséquence, il a donné lieu à une véritable vaccine, et que le développement en a été complet, est pour le moins aussi assuré que l'effet de la petite vérole elle-même, ou que celui qui résulte de l'inoculation variolique; que de plus, considérée relativement à la société en général, la vaccine a un avantage que ne peut avoir l'inoculation, celui d'arrêter, de circonscrire, de faire *disparaître* les épidémies varioliques, de diminuer considérablement la mortalité qui menace les premiers âges de la vie, de conserver en conséquence à la population des proportions plus avantageuses, qu'enfin, les résultats obtenus jusqu'à ce jour motivent d'une manière probable l'espérance de voir enfin disparaître du sein de la société le fléau de la petite vérole, l'un des plus déplorables dont gémisse l'humanité (1). »

VACHES LAITIÈRES (*Découverte de M. Guénon*).— M. Guénon est un paysan de Libourne qui a trouvé moyen de distinguer les bonnes vaches laitières des mauvaises, et d'évaluer la quantité de lait qu'une première vache venue peut donner, avec autant de précision et de certitude que si on l'avait nourrie et éprouvée soi-même pendant plusieurs années.

Cette connaissance est basée sur des signes extérieurs très-apparents chez tous les individus de l'espèce bovine ; ces signes ou marques sont situés sur la partie postérieure du corps de la bête. M. Guénon leur a donné le nom d'*écusson* et d'*épis*. Une partie du poil qui forme l'écusson s'élève du milieu des quatre trayons et s'étend sous le ventre dans la direction du nombril; l'autre partie s'élève en arrière, un peu au-dessous des jarrets, déborde sur les cuisses, et se prolonge quelquefois jusqu'à la vulve. Sur l'écusson, ou plutôt dans le corps de l'écusson, on remarque des touffes de poil à contre-sens: ce sont les épis. Chaque épi a une valeur et une signification particulière, selon la place qu'il occupe, sa grandeur et la finesse de son poil.

Si l'étendue de l'écusson est grande, le réservoir sécréteur du lait est grand et, par conséquent, la vache est bonne laitière; au contraire, l'étendue de l'écusson est-elle petite, le réservoir sécréteur est peu développé et la vache est mauvaise laitière.

Les épis que l'on remarque dans l'écusson, indiquent le temps que la vache maintiendra son lait pendant la gestation. Si les épis sont larges et si leur poil est long, c'est un indice que la vache perdra promptement son lait; au contraire, si les épis sont formés d'un poil fin, soyeux et s'ils occupent peu d'étendue, on est assuré que la vache conservera son lait pendant longtemps.

Les écussons et les épis formés d'un poil gros et hérissé signifient à la fois que la vache ne donnera pas de lait pendant longtemps et que celui qu'on obtiendra d'elle sera de qualité inférieure; au contraire, les vaches qui portent un écusson et des épis d'un poil fin sont de première qualité, surtout si, depuis l'intérieur des cuisses jusqu'à l'anus, la peau est de couleur jaunâtre, et si les pellicules qui s'en détachent en forme de menu son quand on gratte cette partie, portent une couleur safranée. Il y a des vaches et des génisses chez lesquelles ces marques s'étendent jusqu'au panache de la queue et à l'intérieur des oreilles, et laissent tomber, en les frottant, une poussière de même couleur; on peut être certain que celles-là donneront un lait gras et butireux; au contraire, on est sûr que toutes les vaches ou génisses dont la peau sera unie, sèche et blanche, et couverte d'un poil clair et allongé aux endroits indiqués ci-dessus, ne donneront qu'un lait maigre et séreux.

Pour bien distinguer les signes ou marques dont nous venons de donner la description, il suffit de se placer à trois ou quatre pas en arrière de la bête.

Les observations qu'on vient de lire au sujet de la vache s'appliquent aussi au taureau. L'influence du mâle est grande sur la qualité du sujet, aussi fera-t-on bien de ne conserver pour reproducteurs que les mâles portant les signes décrits plus haut ; ils sont absolument les mêmes que chez les vaches, seulement un peu moins grands, attendu que les organes de la génération chez le mâle sont moins développés que la sécrétion du lait chez la femelle.

Ce que nous venons de voir est la partie pratique de la méthode Guénon : comme on le voit, elle est simple. La partie scientifique, sans être moins simple, est cependant plus détaillée et exige une étude plus soutenue: elle comprend la classification de toute l'espèce bovine, et sa division en dix classes ou familles. Ces classes viennent de la disposition de l'écusson qui affectent dans l'espèce bovine en général dix formes différentes; il n'est pas indispensable de s'attacher à une de ces formes plus particulièrement qu'à une autre pour être sûr que la vache sera bonne, puisque, en général, celle qui porte l'écusson le plus large est toujours la meilleure.

Une méthode qu'une femme ou un enfant peuvent apprendre et appliquer avec succès, après avoir reçu trois ou quatre leçons ou plutôt trois ou quatre démonstrations pratiques, doit devenir usuelle aussitôt que son appréciation sera introduite dans la partie journalière. Eh bien ! devenue pratique, usuelle enfin, elle permettra d'écarter, dès le jeune âge, les élèves qui n'auront pas la marque qui caractérise une bonne laitière; et après deux générations de vaches, on sera assuré de n'en trouver sur le marché que d'excellentes. D'où il résultera que, après avoir augmenté le nombre de têtes du bétail en France, on aura triplé les productions laitière et beurrière, sans parler de la plus-value résultant forcément de l'amélioration de l'espèce.

(1) *Mémoires de l'Institut.*

Guénon a expérimenté son système devant un grand nombre de Sociétés agricoles, devant le Congrès d'agriculture et le Conseil général de l'agriculture, du commerce et des manufactures; les résultats ont été si satisfaisants, et, par suite, les rapports si positifs, si précis sur la réalité et l'importance de sa découverte, qu'il n'est plus possible, depuis bien longtemps, d'en douter.

Le ministère de l'agriculture lui aussi, a nommé des commissions pour statuer sur la valeur de cette méthode. L'auteur a expérimenté devant ces corps officiels dans plusieurs fermes et vacheries de l'Etat; les résultats qu'il a obtenus ont été si concluants, que l'Assemblée constituante, instruite de ce qui se passait, décida, sur la proposition de plusieurs de ses membres, qu'une récompense nationale serait décernée à Guénon, afin qu'il se mît en devoir d'aller immédiatement dans les campagnes vulgariser sa découverte.

VAPEUR. *Voy.* MACHINES.

VARIOLE. *Voy.* VACCINE.

VÉLOPÈDES. — La navigation maritime par la vapeur, c'est-à-dire, l'art de la *pyroscaphie*, est un problème qui est loin encore d'être complétement résolu : nous ne venons point, dès aujourd'hui, remplir les lacunes importantes que nous aurons à signaler dans le cours de cet article; mais dans les vues générales comme dans les faits que nous nous proposons d'exposer ici, si nous ne prétendons pas résoudre toutes les difficultés qui entourent encore cette science, nous nous efforcerons du moins de les poser dans des termes assez explicites pour en faciliter l'accès à de plus habiles que nous.

L'histoire de l'industrie humaine montre dans presque toutes ses périodes le tableau des exploitations et des créations premières compromises dans leurs résultats par suite d'erreurs inévitables et de tâtonnements dans la mise en œuvre qui ne s'appuie sur aucune base, sur aucune théorie expérimentée. Puis après cette première phase, les calculs positifs se dessinent, les difficultés de l'avenir sont mises à l'abri par celles du passé. Les moins ingénieux et les moins hardis se montrent et profitent des études souvent ruineuses des premiers qui ont ouvert la voie, et qui souvent, pour récompense de leurs travaux, ne recueillent que des embarras nouveaux et les sarcasmes de la presse qui leur devrait l'éloge et l'encouragement. Aujourd'hui encore, tous les savants se préoccupent avec une louable ardeur de la navigation transatlantique par la vapeur qui, telle qu'elle est pratiquée depuis nombre d'années, est reconnue à l'évidence ruineuse pour le commerce et surtout très-dangereuse pour les équipages. Les Américains et les Anglais multiplient à grands frais des essais de tout genre pour utiliser le moteur à feu dans les longues traversées et arriver à communiquer entre eux par les moyens les plus sûrs, les plus rapides, et le moins dispendieusement possible. Chez ces deux nations, les inventions sont accueillies et protégées, les inventeurs encouragés et honorés. En France il n'en est point ainsi; les inventions utiles sont la plupart du temps vues avec indifférence, les inventeurs ne sont nullement appuyés, et la science devient un sujet d'intrigues soumises au creuset des corporations, et tout reste stationnaire. *Sic vos non vobis* est plus souvent la devise des savants que celle des poëtes. Cependant les merveilles de l'industrie ont été en général conçues par des Français, enfantées sur notre sol, par le travail pénible de génies courageux et patients; mais ne pouvant y vivre faute de protection, elles ont été presque toujours transportées au dehors pour revenir ensuite dans leur ingrate patrie à titre d'importation et au profit de personnes étrangères à leurs découvertes, pour y être copiées servilement.

Ils se résignèrent pendant un temps, *Papin*, *de Jouffroy*, *Girard*, *Jacquart*, *Lebon*, *Laurent*, *Brunel* et tant d'autres dont le génie eut besoin du baptême de l'adversité avant d'obtenir l'admiration de leurs compatriotes.

On se contente encore aujourd'hui de copier à l'aide de sommes énormes, dans les chantiers de la marine française, et en partie au profit des manufactures anglaises, les steamers monstres dont ces insulaires ont fourni les modèles, et que tous les hommes de science condamnent. Mais ce qu'il y a de curieux en ceci, c'est que l'on savait d'avance que ces navires merveilleux, qui coûteront tant de millions, seraient impropres à l'usage qu'on voulait en faire. Cette vérité, établie d'abord par les hommes les plus compétents des deux hémisphères, avait même été reconnue et avouée officiellement par les chefs de notre marine, par ceux-là mêmes qui les font construire aujourd'hui, et a elle été plus tard confirmée par l'expérience.

Depuis plusieurs années, l'Académie des sciences et la presse ont retenti de discussions élevées sur la navigation transatlantique par la vapeur, et l'on a conclu que les inconvénients des pyroscaphes ne faisaient que s'accroître avec la grandeur de ces navires.

Nous n'avons d'autre but ici que de rassembler quelques faisceaux de lumière sur cette importante question. Toutes les autorités s'accordent à signaler comme défaut essentiel des navires à vapeur, l'emploi des roues à aubes, le poids excessif du moteur et l'emplacement qu'il exige, l'énorme quantité de combustible qu'il consume, enfin la forme inusitée de la carène qui, détruisant tout principe de stabilité, ne permet pas de lui appliquer une voilure proportionnée à sa longueur ni à sa capacité.

La France, après avoir renié l'invention du pyroscaphe, s'est vue, soixante ans plus tard, forcée, pour se mettre au ni-

veau de l'Angleterre, de ramener dans son berceau, coûte que coûte, l'institution de la locomotion maritime par la vapeur. Dès l'origine des travaux, on aurait dû sagement opérer par tâtonnements faute d'expérience; mais on a fait tout le contraire et on s'est beaucoup moins préoccupé de la vie des hommes et de leur fortune, qu'on devait livrer après achèvement à la merci d'un appareil dangereux, installé contre toutes les règles de la sécurité, que de la satisfaction donnée par cette *quasi-création* à l'orgueil national.

Bientôt de grands désastres nous ont fait repentir de la précipitation avec laquelle on avait agi. Les amis de l'humanité ont gémi en même temps que les économistes qui demandaient pourquoi on engloutissait tant de capitaux là où l'on pouvait faire les choses beaucoup mieux et à meilleur compte. En ce moment on aurait pu croire que l'administration de la marine s'engagerait dans une autre voie. Il aurait dû y avoir une halte dans l'exécution de ces grands vaisseaux, on aurait dû expérimenter, plutôt que de continuer l'œuvre. Au lieu de cela, on a poussé les constructions, sans s'arrêter aux inconvénients du système, sans vouloir admettre au concours des systèmes qui paraissaient meilleurs.

Mais reprenons l'invention de l'application de la vapeur à la navigation à son origine véritable.

Le premier bateau à vapeur qui navigua avec succès sur une rivière, date du mois de juillet 1783. Ce bateau, combiné dans sa forme pour recevoir un moteur à feu, et l'appareil locomoteur à roues, avait 41 mètres de longueur, 4 mètres 15 c. de largeur, un mètre de tirant d'eau et portait un poids de cent cinquante mille kilogrammes.

La disposition et les dimensions que l'auteur de ce bateau donna à ses roues à aubes étaient en tout semblables aux dispositions adoptées aujourd'hui : bien que le procès-verbal des membres de l'Académie des sciences de Lyon, qui assistaient aux expériences, renferme peu de détails sur la construction de l'appareil, on peut cependant en induire que la force de la vapeur produite par les machines correspondait à environ trente chevaux et que la vitesse imprimée au pyroscaphe n'était pas moindre de neuf kilomètres à l'heure, puisqu'il remontait facilement le cours de la Saône à l'époque des hautes eaux au moyen de la vapeur seule. Les machines au surplus paraissent avoir été exécutées dans ce temps d'ignorance de mécanique appliquée, fort imparfaitement, et n'avoir pas eu la solidité suffisante pour résister à un long service : mais n'importe, le bateau n'en a pas moins navigué pendant quinze mois, et le problème de la navigation par la vapeur n'en fut pas moins résolu. Or, nous en appelons ici au jugement de tout ingénieur éclairé et impartial, le bateau dont il s'agit, celui du marquis de Jouffroy, ne possédait-il pas dès l'abord les propriétés et tous les inconvénients attribués aujourd'hui à ceux qui sillonnent les mers? Comme dans ceux-ci, la carène avait été rétrécie, le tirant d'eau diminué, tout en un mot dans sa construction, avait été sacrifié au besoin d'obtenir la plus petite aire de résistance possible par rapport au poids du bateau. En donnant à ce pyroscaphe de rivière une forme marine, tout en conservant ses proportions, il eût été ce que sont nos steamers, sans stabilité, incapable de porter une voilure suffisante et dépourvu de solidité dans les tourmentes.

Partant de ce point, Fulton ne fit que copier en Amérique, vingt-cinq ans plus tard, le bateau de Lyon; même à sa mort les Américains ne faisaient guère que six milles nautiques (11 kilomètres) à l'heure; ce ne fut qu'après lui qu'on réussit à leur donner peu à peu les grandes vitesses auxquelles ils sont parvenus, ce qui parut un progrès, si tant il est qu'on puisse appeler progrès ce qui n'a été obtenu qu'en sacrifiant d'importants avantages dans une proportion non moins équivalente.

En prenant pour point de départ les expériences de Lyon en 1783, nous avons besoin de dire que ce n'est pas seulement la question de priorité qui nous occupe, elle est dès longtemps jugée; celle des perfectionnements faits ou à faire nous intéresse plus particulièrement, et c'est pour l'éclairer que nous sommes forcés de suivre la série des faits qui se sont succédé dans cet art depuis son origine jusqu'aux constructions gigantesques de l'époque actuelle.

Les bateaux de Fulton n'étaient armés que d'une médiocre puissance de vapeur; tout l'art des ingénieurs après lui s'appliqua à accroître cette puissance sans augmenter la résistance des bateaux. Dès lors il ne fut plus question de renfler les carènes, mais au contraire de les diminuer pour ne pas augmenter le tirant d'eau ou allonger les coques.

Les Américains employèrent les premiers les machines à haute pression dont le poids est de moitié moindre que celles de Watt : et l'on put, par la réunion de ces divers moyens, parvenir à appliquer à un pyroscaphe de dimensions données deux et trois fois plus de puissance motrice que n'aurait pu en installer l'inventeur des bateaux à vapeur et son imitateur Fulton. Enfin, on s'aperçut que toutes conditions étant égales, les vitesses des pyroscaphes devaient être proportionnelles à leur grandeur, ou, pour nous exprimer plus exactement, proportionnelles aux racines carrées de leurs dimensions linéaires; de même que pour un géant et un nain, dont l'organisation serait identiquement similaire, le chemin parcouru dans un temps donné et au prix de la même fatigue serait proportionnel à leurs dimensions respectives. Dès lors on calcula que pour obtenir de grandes vitesses, il suffisait d'agrandir démesurément les coques, et l'on arriva aux dimensions monstrueuses d'aujourd'hui. Voilà en définitive à quoi se bornent les progrès qu'a faits l'art de

la pyroscaphie depuis Claude de Jouffroy ; la science proprement dite est demeurée à l'écart. C'est comme si, en copiant le mécanisme d'une montre sur une échelle décuple et même centuple, on croyait perfectionner l'horlogerie.

Ainsi les inconvénients à éviter, les avantages à obtenir sur lesquels tous les savants sont d'accord, n'ont point été mis en ligne de compte, et après avoir fait un appel au génie des inventeurs pour améliorer cet art, on a pris le parti de reculer l'art lui-même en combinant dans des proportions colossales tous les moyens défectueux si franchement signalés par le baron Tupinier, directeur général des ports.

En s'agrandissant, les steamers sont devenus plus impropres à profiter du vent, plus incapables de résister à la mer. Sous le rapport de l'économie, l'inconvénient est encore plus considérable, car si la résistance s'accroît comme le carré de la vitesse, la force motrice ne peut être multipliée qu'au cube de la vitesse du navire : il a donc fallu surcharger ces grands vaisseaux d'appareils énormes et d'immenses approvisionnements de combustibles, car pour imprimer, par exemple, une vitesse double, il faut une machine huit fois plus puissante; pour une vitesse triple, il faudrait une machine vingt-sept fois plus forte. Au fond, voilà à quoi se réduisent les merveilles qu'on nous raconte des steamers américains et anglais dont notre marine a suivi le funeste exemple. C'est l'art dans son enfance qu'on maintient aux lisières et qui a grossi prodigieusement sans se perfectionner. Quelques esprits ingénieux, apercevant cette lacune dans la science, ont essayé de la remplir, et de toutes les tentatives qui ont été faites jusqu'ici pour tenir lieu des roues à aubes on a cru pouvoir s'arrêter à l'appareil à hélices, le plus dispendieux, le plus incommode, le plus fragile et le plus défectueux de tous ceux connus et essayés, pour la navigation au long cours; son application permet à peine d'améliorer la forme du navire, en la rapprochant de l'ancienne forme marine. (*Voy.* Hélice.)

Une seule tentative nous paraît renfermer toutes les conditions que la science nautique prescrit; c'est le système vélopède. Ce système est l'alliance de la vapeur à la force du vent, et on peut l'appliquer avec économie à toutes espèces de navires voiliers sans changements aucuns à leurs carènes, agrès, etc.

Les principes théoriques sur lesquels M. A. de Jouffroy s'est appuyé sont de la dernière évidence, et ils ont cela de particulier que personne ne paraît les avoir pris pour base de calculs. M. A. de Jouffroy regardait depuis longtemps l'appareil à roues ainsi que l'appareil à hélice, comme une sorte de monstruosité mécanique.

« Rien dans la nature, disait-il, ne peut inspirer l'idée de tels procédés ni leur servir de point de comparaison; à quoi, en effet, peut-on comparer en général un navire à vapeur? à un animal nageant; la force de la vapeur remplace ici la force animale. Cherchons donc à imiter le mieux possible l'appareil que la nature a fourni aux oiseaux nageurs; ni les palmipèdes ni même les poissons ne se meuvent par un effort continu et à l'aide d'un appareil de rotation. »

« Considérons un cygne dont la largeur et la longueur dans sa partie flottante équivalent à environ la centième partie d'un navire à vapeur de moyenne grandeur. Si la nature, au lieu de lui donner des palmes articulées, l'avait pourvu de rames à aubes dans les proportions usitées parmi nous, cet étrange animal aurait de chaque côté de son corps deux roues de diamètre d'une pièce de deux francs dont les aubes auraient trois millimètres de longueur et plongeraient dans l'eau d'une profondeur de deux millimètres. Ces roues tourbillonneraient avec une vitesse indicible et l'animal s'avancerait lentement; il n'est pas bien sûr qu'il pût se mouvoir. Si au contraire ce cygne se meut au moyen de palmes articulées, il les prépare d'abord, les pousse et les appuie fortement contre le fluide, les arrête et les retire pour les préparer de nouveau; son maximum de force n'agit que dans le court instant où la palme est déployée dans la direction la plus favorable à sa marche, les autres temps de l'évolution se font avec lenteur et consomment peu de puissance; l'œil est quelquefois étonné quand il mesure l'immense étendue qu'une seule manœuvre fait parcourir à ce monarque des eaux. Supposons maintenant un cygne de cinquante mètres de longueur armé de palmes proportionnées, c'est-à-dire gigantesques, qui sillonnerait l'Océan; quel pyroscaphe dans le système usité oserait se mesurer avec lui ? »

En méditant ce simple rapprochement, il nous semble que la lumière est faite sans qu'il soit besoin d'autres calculs pour le prouver. M. A. de Jouffroy a donc étudié et décomposé les mouvements des palmipèdes dans leurs diverses allures, car ils ont, comme les quadrupèdes, le pas, le trot et le galop. Il a choisi celui des trois modes qui a paru le moins difficile à imiter, et l'observation lui a appris que le point d'appui que prend l'oiseau nageur ou le poisson dans le fluide n'a rien de régulier, et que sa pression n'est jamais continue. Il fallait, pour combiner cette manœuvre, combiner la force intelligente continue et irrégulière de la vapeur avec un effort alternatif et irrégulier, sans toutefois qu'il y eût ni secousse, ni arrêt, ni course de destruction. C'est à quoi notre savant mécanicien est parvenu par une combinaison aussi neuve qu'ingénieuse du mouvement circulaire et régulier de la manivelle avec celui du pendule par l'intermédiaire de bielles. Il en résulte un système lié dans toutes ses parties, simple et solide; c'est, en un mot, la palme articulée du cy-

gne qui s'ouvre, se ferme et qui agit en avant, en arrière, à volonté.

Ce mécanisme, appliqué à une goëlette de forme marine de 120 tonneaux de déplacement que M. A. de Jouffroy construisit dans la gare Saint-Ouen, manœuvra dans la Seine en présence d'une première commission de l'Académie des Sciences, composée de MM. Arago, Poncelet, Charles Dupin et Séguier, rapporteur, qui constata officiellement dans son rapport que l'appareil d'impulsion, tout à fait rationnel en théorie, avait fidèlement rempli toutes ses fonctions. Pendant les expériences préliminaires, une circonstance qui parut d'abord fâcheuse, mais qui fut très-heureuse en réalité, mit à même d'apprécier la force de l'appareil palmipède : c'était sous le pont d'Asnières. La goëlette échoua et la quille, sur toute sa longueur, s'engagea dans un gravier résistant. Les mariniers disaient hautement qu'on ne pourrait pas la remettre à flot, qu'il faudrait attendre la crue de la rivière. Trois fois on hala le navire sur une ancre profondément enfoncée, trois fois l'ancre revint à bord sans que la goëlette eût été même ébranlée. Plein de confiance dans ses palmes articulées qui se trouvaient libres, M. de Jouffroy enfin ordonna de les faire agir. Elles s'étaient à peine ouvertes et refermées trois fois que la goëlette, dégagée sur tous les points instantanément, s'éloigna it avec vitesse de ce fatal écueil. Son système venait de faire ses preuves.

M. de Jouffroy, voulant se rendre un compte exact de la force de vapeur à appliquer à son appareil palmipède, construisit de ses propres mains un charmant modèle de frégate à l'échelle d'un 37e de grandeur naturelle muni du double mécanisme des palmes articulées et des roues à aubes, afin qu'une seule expérience comparative suffît alors à rendre évidents à tous les yeux les immenses avantages de son nouveau système. Ce modèle terminé fut présenté à l'Académie des sciences le 10 octobre 1840, et renvoyé à l'examen de quatre illustres membres, MM. Poncelet, Robert, Gambey et Cauchy, rapporteur, c'est-à-dire de toute la section mécanique à l'exception de M. Corioles à qui sa santé ne permit pas d'en faire partie. Plusieurs longues séries d'expériences faites dans le canal de la maison de plaisance connue à Neuilly sous le nom de *Folie Saint-James*, ont fourni à MM. les commissaires tous les documents dont ils avaient besoin pour rédiger leur rapport : l'épreuve a réussi au delà de toutes les espérances, et M. Cauchy, au nom de ses collègues, demanda à l'Académie pour M. de Jouffroy sa haute et entière approbation.

Ce rapport, modèle de précision et de clarté, a vivement intéressé un nombreux auditoire; mais quelques académiciens ayant manifesté des doutes sur la réalité des faits qui leur parurent extraordinaires, M. Cauchy, fort de ses assertions, remit à la séance prochaine à formuler ses conclusions en invitant les membres qui présentaient des objections à venir en personne à Neuilly, assister à de nouvelles expériences. La commission a fait de nouveau manœuvrer la frégate-modèle en présence de M. Séguier, organe de la première commission et qui a applaudi bien sincèrement au nouveau succès de M. A. de Jouffroy, en présence de M. le capitaine de vaisseau Freycinet, qui a voulu tout examiner par lui-même, en présence enfin de plusieurs autres officiers de marine, collègues et amis de M. Freycinet, tous justement célèbres et qui ne pouvaient assez admirer, assez exprimer leur conviction profonde de la supériorité du nouveau système sur l'ancien. Là, les objections sur la solidité de l'appareil palmipède, les seules qui eussent réellement été formulées à l'Académie, ont été sérieusement discutées et complétement résolues. Fort de ces documents nouveaux et de l'appui unanime des trois autres commissaires, M. Cauchy est venu le 2 novembre présenter ses conclusions qui ont été adoptées à l'unanimité. Il était beau de voir après les interpellations d'usage faites par le président, toutes les mains fermes et bien décidées, aucune à la contre-épreuve ne s'étant montrée dans les airs, et d'entendre l'auditoire nombreux, attiré par une question des plus intéressantes de l'époque, proférer un murmure unanime d'approbation à ce passage remarquable du rapport :

Nous aimons à croire que la vue des avantages ci-dessus indiqués déterminera la marine française à faire en grand l'essai du nouveau système ; que si M. Jouffroy père a pu voir ses belles expériences trop longtemps oubliées dans sa patrie, le fils sera plus heureux, et que cette fois du moins la France ne se laissera pas ravir une découverte qui peut devenir si utile à ceux qui les premiers auront su en profiter.

Par suite d'un aussi honorable succès, M. A. de Jouffroy crut pouvoir s'adresser et présenter son système à l'administration de la Marine; mais hélas! la volonté de M. l'amiral Duperré, alors ministre, et l'énergie persévérante d'un célèbre vice-amiral, M. Ch. Baudin, vinrent se briser contre les remparts des bureaux.

A cette occasion, M. le vice-amiral écrivit à M. A. de Jouffroy la lettre suivante :

Monsieur le marquis,

Retenu chez moi depuis dix jours, je n'ai pu aller à la Marine pour m'informer de la situation de votre affaire; aujourd'hui voici ce que m'écrit le ministre :

« Le Conseil des travaux auquel j'ai soumis le Mémoire de M. le marquis de Jouffroy n'a pas trouvé les détails qu'il contient suffisants pour se former un jugement positif sur le mérite de son invention ; mais de nouveaux essais de cet appareil perfectionné vont être faits, dit-on, sur une goëlette de 100 tonneaux; j'attendrai le résultat de ces expériences pour reprendre cette affaire, à laquelle *votre recommandation* ne peut que m'engager à donner une attention toute particulière. »

Je regrette, monsieur le marquis, de n'avoir pu vaincre les résistances que j'ai rencontrées ; mais ces résistances dominent le ministre lui-même : vous savez quelle est dans notre organisation administ-

trative l'influence des bureaux et des corporations.

Recevez, monsieur le marquis, l'assurance de ma haute considération.

Charles Baudin.

Le 12 septembre 1842, l'Académie avait sous les yeux le procès-verbal d'un premier essai fait à la mer. La solution du problème était complète, elle avait coûté quatre années d'études, de travaux, et deux cent mille francs! c'est tout ce qu'on peut exiger d'un particulier. Il reste maintenant à expérimenter le système dans un voyage de long cours, mais une traversée entre l'Europe et l'Amérique exige des frais tels, qu'une compagnie ou le gouvernement peuvent seuls la tenter.

En attendant que le système vélopède soit repris et appliqué en grand, soit par M. de Jouffroy, soit par quelque imitateur qui, plus heureux que lui saura profiter habilement de sa découverte, l'importance extrême qu'aurait cette application nous engage à exposer la théorie de ce système telle que M. de Jouffroy l'a lui-même présentée à l'Académie des sciences :

« Un bateau à vapeur ou *pyroscaphe* est un vaisseau qui se meut à la surface de l'eau par l'effet d'une force motrice qu'il transporte en lui et qui prend son point d'appui dans le fluide même. Cette simple définition prouve que dans le calcul du mouvement des navires à vapeur il y a trois choses principales à considérer :

« 1° La résistance que le bâtiment éprouve et doit vaincre pour s'avancer dans le fluide, cette résistance n'est que l'expression exacte de la quantité de mouvement imprimé au fluide par le navire dans sa marche, et cette quantité étant toujours en raison composée de la masse et de la vitesse du corps, je l'appelerai M V.

« 2°. La résistance ou la quantité de mouvement imprimé au fluide par le point d'appui, je la désignerai par *M. V.*

« 3° La puissance ou force motrice F qui agit entre ces deux résistances, et qui, dans le mouvement uniforme, équivaut exactement à leurs sommes réunies.

« On aura donc dans le mouvement des pyroscaphes :

$$F = M V + \mathit{M.\ V.}$$

« On aura aussi :

$$M V = F - \mathit{M.\ V.}$$

« On aura enfin :

$$\mathit{M.\ V.} = F - M V.$$

« Ou il est évident que l'effet utile ou MV sera d'autant plus grand que *M. V.* sera plus petit, car si on réduisait *M. V.* jusquau point de le faire disparaître, il resterait.

$$M V = F - 0.$$

« C'est-à-dire que toute la puissance motrice serait employée à faire avancer le bâtiment. Ce cas aurait lieu si la force motrice F s'appuyait sur un point fixe.

« Supposons d'abord une force motrice agissant d'un point fixe, dont l'impulsion, dans un temps donné, fasse parcourir à un corps flottant ou navire, une certaine vitesse, par exemple 4 mètres dans une seconde. Supposons maintenant qu'au lieu de s'appuyer sur un corps mobile, la puissance motrice ait pour point d'appui un navire semblable au premier, placé bout à bout dans le fluide en se mouvant dans la direction opposée; l'impulsion étant donnée, chacun des deux navires parcourra la moitié de la distance fixée pour le premier cas, c'est-à-dire 2 mètres; et si, après chaque impulsion, le navire qui sert de point d'appui était rapporté sans frais au bout du premier, celui-ci naviguerait régulièrement avec une vitesse de deux mètres par seconde. On voit déjà que, dans les circonstances les plus favorables, et abstraction faite de tout mécanisme et de toute dépense de force motrice pour rapporter successivement le point d'appui, il faut, pour obtenir la même vitesse, en ramant, une puissance double que dans le cas de halage.

« Maintenant admettons que le corps flottant qui sert de point d'appui soit diminué à tel point, par exemple, que sa résistance *M. V.* qui résulte de sa surface, déduction faite d'une portion équivalente à l'accroissement de vitesse, soit précisément moitié de MV, résistance du navire. A chaque impulsion la force motrice se divisera toujours en deux parties égales, le navire comme précédemment s'avancera de 2 mètres, mais le point d'appui en parcourra quatre, puisque nous l'avons réduit dans de telles proportions que sa vitesse soit doublée.

« Eh bien! renversons les termes de la proposition, faisons de *M. V.* le navire et de MV le point d'appui, sans rien changer aux conditions du mouvement, sans que la puissance motrice soit accrue, on naviguera avec une vitesse double que dans le premier cas, on fera 4 mètres par seconde.

« On voit donc déjà qu'une première condition de vitesse ou d'économie, c'est que le point d'appui ait la plus grande surface possible et qu'il se meuve plus lentement que le navire. C'est ce qui faisait dire à mon père au sujet des inconvénients des aubes, qu'il faudrait, pour que la puissance fût toute employée utilement, que la surface de l'aube embrassât toute l'eau et que le rayon de la roue se prolongeât jusqu'au ciel. En effet, puisque la seule condition où toute la puissance agit pour la marche du navire est celle où son point d'appui est fixe et inébranlable, le seul moyen de se rapprocher de cette condition est d'augmenter la surface et conséquemment la lenteur du point d'appui. Si l'on supposait à l'aube une surface infinie, elle deviendrait un point fixe.

« Mais comme il s'agit ici d'un point d'appui pris dans le fluide, on ne saurait concevoir l'annihilation de *M. V.* que

dans deux cas supposés ; le *premier* si la surface du point d'appui était infinie, car alors nulle molécule d'eau ne pourrait faire place à une autre, et le mouvement n'aurait pas lieu ; le *second* si la force motrice accumulée agissait toute entière dans un instant d'une brièveté infinie ; car le mouvement pour se produire exige aussi bien le temps que l'espace, et une percussion sans durée ne troublerait pas le repos.

« Ces deux suppositions purement théoriques n'ont pour objet que d'indiquer les meilleures conditions à procurer au point d'appui dans l'appareil des vaisseaux nageurs ; on voit que pour rapporter à MV ou à la marche du bâtiment le *maximum* de la force motrice, il s'agit de réduire à un *minimum* la quantité de mouvement imprimée au fluide par le point d'appui ; soit en agissant sur de grandes surfaces, soit en répartissant l'action de la force continue en une série de chocs rapides et pour ainsi dire instantanés. Mais quel que parfait que puisse être l'appareil employé à cet effet, il imprimera toujours une quantité quelconque de mouvement au fluide, et c'est ici que se présente un quatrième élément de calcul indispensable à notre théorie.

« Dès que le point d'appui est mobile, toute molécule d'eau repoussée par lui dans une direction non parallèle à celle du bâtiment donne lieu à une déperdition équivalente de la puissance motrice. La quantité de mouvement imprimée par le vaisseau lui-même est toujours parfaitement égale à la quantité de mouvements imprimée par l'appareil en sens directement opposé. Tout choc oblique consomme inutilement, quant à la marche du navire, une portion de force vive proportionnelle au degré d'obliquité. La plus simple démonstration géométrique fournit les moyens de calculer cette perte que les praticiens semblent trop souvent perdre de vue. Supposons un bâtiment dont l'appareil nageur soit composé de deux surfaces immergées de chaque bord, agissant horizontalement de l'avant à l'arrière par l'effet de la force motrice, et repoussant le fluide dans un sens parallèle à la ligne de direction du vaisseau ; celui-ci s'avancera en imprimant à l'eau une quantité de mouvement égal à celle imprimée en sens contraire par les deux points d'appui, on aura :

$$M V = M. V.$$

Et chacun de ces deux termes par F/2.

« Dirigeons maintenant les deux appareils toujours horizontalement dans le sens perpendiculaire à la quille du vaisseau. Toutes choses demeurant égales, la force motrice s'épuisera tout entière à repousser l'eau à droite et à gauche, les deux moitiés de l'appareil se feront équilibre l'un et l'autre ; le bâtiment restera stationnaire. Or, entre le parallèle et la perpendiculaire, il il existe un arc d'un quart de cercle dont les degrés indiquent exactement la quantité de force motrice dépensée sans utilité pour la marche du bâtiment. Cette perte par exemple serait de moitié si l'obliquité répondait à 45 degrés de l'arc.

« Cette proposition évidente, si jamais il en fut, prouve que toute parcelle de fluide repoussée dans une direction autre que celle du navire donne lieu à une déperdition de puissance motrice exprimée par la somme de mouvement communiqué hors de cette direction, et cette perte est subie soit que l'obliquité du choc ait lieu dans le plan vertical ou dans le plan horizontal, quoiqu'il s'agisse d'un fluide qui agit en tous sens.

« Ainsi, dans les roues à aubes dont on fait généralement usage, pas une goutte d'eau soulevée par l'aube qui émerge, sans une perte correspondante de force motrice ; mais l'aube qui plonge presse aussi le fluide obliquement par rapport à la quille et occasionne une autre perte. Il y a plus, si l'on donnait à l'aube une grande longueur dans le sens du rayon, et qu'on ne lui imprimât qu'un certain degré de vitesse, l'obliquité de son choc entraînerait un inconvénient bien plus grave. Il pourrait arriver, et il est facile de s'en rendre compte, que l'extrémité intérieure de l'aube choquât l'eau dans le sens contraire à la pression du bord extérieur, et ceci aurait lieu par suite de différentes vitesses des points de la surface, vitesses correspondantes à leur degré d'éloignement du centre de mouvement de l'axe de la roue.

« C'est pour parer à cet inconvénient de l'obliquité des aubes que l'on a été forcé jusqu'ici de donner à leur centre d'impression une vitesse beaucoup plus grande que celle du navire, ce qui, nous l'avons vu, est au détriment de sa marche. On ne saurait diminuer cette vitesse des aubes qu'en diminuant leur obliquité, et on ne peut le faire qu'en augmentant le diamètre des roues ; mais pour arriver seulement à ce point où la vitesse du navire et celle du point d'appui seraient égales, cas auquel la moitié de la force motrice serait utilement employée, il faudrait donner aux roues des dimensions que nul navire ne pourrait supporter. Il est donc clair que dans l'application des roues à aubes, quelque perfection d'exécution qu'on y apporte, il n'y aura toujours que la moindre partie de la puissance motrice représentée par la somme de mouvement imprimée au bateau lui-même.

« On a cru pourtant améliorer les roues à aubes en ajoutant à leur obliquité dans le sens vertical une autre obliquité dans le sens horizontal. Il existe sous nos yeux des bateaux établis sur ce principe dont les constructeurs s'applaudissent comme d'un perfectionnement. Je ne nierai pas que sous quelques rapports de peu d'importance, on n'ait pu trouver quelques avantages à incliner légèrement les aubes pour éloigner du corps du bâtiment le remou qu'elles produisent, c'est-à-dire qu'on aura obvié à un défaut essentiel, par un défaut moins grand ; d'ailleurs, les inconvénients de l'obliquité dans

les roues ordinaires sont tellement considérables qu'il serait difficile d'apprécier la légère augmentation qu'on y a introduit et qui se trouve compensée par un sillage plus doux et par une diminution de frottement sur les parois du bateau. Quoi qu'il en soit, la loi générale des choses obliques ne saurait être méconnue ni contredite par quelques résultats particuliers qui peuvent provenir de plusieurs autres circonstances et qui au surplus, je le répète, sont de peu de valeur.

« D'autres ont imaginé qu'ils supprimeraient les inconvénients de l'obliquité des aubes en les rendant mobiles sur un axe et en les guidant par une tige de manière à les maintenir verticales pendant leur évolution dans l'eau. Si l'on analyse avec précision l'effet produit par cette combinaison ingénieuse, on trouvera que la somme du mouvement imprimé au fluide par ces aubes mobiles dans la direction de la marche du navire ne surpasse pas celle imprimée par des aubes fixées dans la direction du rayon seulement, la vitesse du point d'appui se trouve accrue, en sorte que pour épuiser la même quantité de force motrice à vitesse égale, il faut augmenter la surface de ces aubes mobiles. Le seul avantage qu'elles présentent, c'est de diminuer un peu le clapotage.

« En résumé, les aubes des roues sont des rames verticales qui ont, sous le rapport de l'obliquité du choc les inconvénients des rames ordinaires, mais à un degré bien plus élevé, car cette obliquité dépend de la proportion existante entre la longueur du rayon et la corde de l'arc que l'extrémité de ce rayon parcourt dans le fluide, où la longueur des rames ordinaires est égale à deux fois la largeur du bâtiment, tandis que le rayon des plus grandes roues dont on puisse faire usage à bord des bâtiments n'est égale qu'à la moitié de leur largeur.

« L'obliquité des aubes est donc généralement à celle des rames ordinaires comme 2 est à 1.

« Nous avons donc déjà pour la formule de la marche des bâtiments :

$$M\,V = F - M.\ V. - P.$$

« P. représentant l'obliquité du point d'appui.

« Un autre élément de calcul du mouvement des bateaux à vapeur le moins bien connu jusqu'ici, le point sur lequel il me semble que la théorie adoptée est entièrement fautive, c'est le phénomène qui se passe dans le fluide dans une motion continue, entre le corps qui se meut et son point d'appui; tous les ingénieurs jusqu'ici ont paru croire que le mouvement le plus régulier, le plus continu, le plus doux, s'il m'est permis de m'exprimer ainsi, était la condition la plus favorable au point d'appui. De là on a proposé l'hélice ou *vis d'Archimède*, la pompe foulante à jet continu, les roues à ailes inclinées, et tant d'autres moyens analogues.

« L'expérience pourtant a indiqué que même les roues à aubes consommeraient inutilement une plus grande quantité de force motrice lorsque les aubes étaient trop multipliées. Il a fallu les limiter à un nombre tel que lorsque l'une des aubes agit en plein, les deux voisines touchent seulement la surface de l'eau, la première en entrant, l'autre en sortant, de sorte que chaque aube à son tour ait le temps de produire une percussion séparée. Cette simple observation devait déjà inspirer quelques doutes aux partisans de la pression continue. En effet, plus on multipliera le nombre des aubes, plus on rapprochera l'intervalle des percussions dans un temps donné. Si on supposait ce nombre porté à l'infini, on obtiendrait une pression parfaitement continue; mais alors l'effet du choc serait nul, le fluide ne résisterait plus et le bâtiment cesserait de marcher.

« Ce n'est pas ainsi que se gouvernent les corps que la nature a destinés à se mouvoir dans le fluide; pour chercher les vraies bases de la théorie, il convient encore ici d'étudier celles des œuvres de Dieu que la science de l'homme se propose d'imiter, quoique d'infiniment loin. Ni les poissons dans l'eau, ni les oiseaux nageurs, ni les oiseaux dans l'air ne se meuvent par un effet continu ; la force qu'ils emploient pour repousser le fluide n'agit que par intervalles de temps plus ou moins rapprochés. Chez les animaux les plus puissants, ces percussions distinctes sont quelquefois séparées par de grands espaces. L'aigle étend ses vastes ailes, frappe l'air dans la direction opposée au but vers lequel il se dirige, et s'élève à une certaine hauteur par le seul effet de ce choc instantané; pendant la durée de cette portion de sa course, ses ailes demeurent comme inutiles à son mouvement, soit qu'il les laisse immobiles, soit qu'il les ramène en sens contraire pour recommencer un nouveau choc. Le poisson, le palmipède, offrent la même particularité : toujours chaque évolution complète de l'animal qui se meut dans le fluide peut se diviser en deux temps fort inégaux, dont l'un, très-court, est celui durant lequel le *maximum* de force est employé pendant que l'appareil se trouve dans la disposition la plus favorable à la marche; l'autre durée de l'évolution, qui n'exige qu'une dépense de force médiocre, se passe à ployer l'appareil, à le ramener, à le déployer de nouveau pour recommencer une évolution nouvelle.

« L'action des rames représente assez bien ce genre de mouvement: les rameurs exercés appuient sur la rame pour en soulever l'extrémité hors de l'eau, puis la poussent en avant pour aller chercher le point d'appui derrière eux, puis ils se soulèvent pour la plonger, puis enfin, ils retombent sur leur banc en la retirant à eux. De ces quatre temps de leur évolution, le dernier est le plus court, c'est celui où les rameurs appliquent toute leur force, et c'est le seul qui soit utile à la marche du bateau.

« Le pouvoir propulseur du poisson résulte

aussi d'une action alternative, et une forme semblable à celle de sa queue peut n'être pas aussi bien adaptée *au mouvement rotatif*. Le poisson est, comme les oiseaux et les palmipèdes, doué de vie, sa queue est élastique, de sorte qu'elle l'oblige à se prêter au mouvement du fluide d'une manière telle que sa forme pourrait perdre ses meilleures propriétés si elles n'étaient pas réglées et changées à la volonté de l'animal.

« On doit donc admettre comme principe incontestable que le Créateur a adopté les meilleures formes pour tous ses ouvrages; la difficulté que nous rencontrons dans nos imitations provient de ce que nous ne comprenons pas parfaitement toutes les intentions du système, ou de ce que nous sommes inhabiles à les appliquer de la même manière; ou enfin à leur donner les mêmes propriétés.

« Il est à remarquer que, toutes proportions gardées de grandeur et de puissance, le simple appareil des rames surpasse par son effet tous les moyens qu'on a essayés jusqu'ici pour le suppléer.

« En 1812, nous fîmes à ce sujet, mon père et moi, des expériences décisives sur un canot de médiocre grandeur chargé d'un certain poids, et auquel deux rameurs imprimaient une certaine vitesse. Nous plaçâmes deux roues à aubes construites avec le plus grand soin, dont l'axe tournait sur des galets, étaient munis de volants et de manivelles coudées selon différents plans, afin que les hommes puissent y appliquer leur force d'une manière continue et le plus commodément possible. Nous variâmes successivement le nombre, la grandeur et l'inclinaison des aubes; nous transportâmes l'appareil en divers points de la longueur du bateau; jamais nous ne pûmes obtenir du travail forcé de *trois hommes* la même vitesse que deux seuls rameurs suffisaient à lui imprimer.

« Il y a certes une déperdition de force motrice dans l'évolution des rames, puisque, sur les quatre temps ou mouvements différents dont cette évolution se compose, il en est trois d'inutiles à la marche du bateau; mais la déperdition est encore bien plus grande dans les roues à aubes, quoqu'il n'y ait pas de retour ni pour ainsi dire de temps perdu dans leur action. D'où vient cette infériorité? Dans les chaloupes de même grandeur, l'obliquité du choc des aubes est à la vérité plus grande que celle des roues à course de la différence de longueur des rayons; mais ce désavantage paraît être jusqu'à un certain point compensé par la différence des surfaces choquantes, beaucoup plus grandes dans les aubes que dans les rames. On ne peut donc attribuer cette infériorité reconnue qu'à la nature même du mouvement alternatif dans les rames, et continu ou presque continu dans les rames à aubes.

« C'est ici que la science peut seule venir au secours de l'art. Le mode d'action d'un corps qui se meut dans le fluide, par l'effet d'une réaction qu'il imprime à ce fluide même, est un problème de haute portée dont l'analyse devrait soigneusement s'occuper : tant qu'il ne sera pas éclairé et résolu, on ne procédera que par tâtonnements dans les applications les plus importantes de l'hydrodynamique; je n'en veux d'autres preuves que les essais infructueux de tant d'ingénieurs artistes, et les machines proposées ou approuvées par des savants mêmes dont l'effet n'a pas répondu à leur attente et a démenti leurs calculs.

« Pour en finir avec l'idée si généralement admise, qu'une pression ou mouvement continu serait à désirer dans l'appareil nageur des pyroscaphes, je me bornerai au raisonnement suivant :

« Il est évident que la quantité de mouvement imprimée au fluide par le navire qui marche correspond à une quantité de mouvement imprimée au fluide en sens contraire par le point d'appui; mais aussitôt que ce mouvement continu est imprimé, la condition du point d'appui se trouve changée; le fluide qui d'abord était immobile relativement au navire, fuit maintenant derrière lui avec une certaine vitesse, l'appareil ne peut plus agir sur lui qu'en augmentant lui-même sa propre vitesse et en communiquant au fluide un degré de plus : de degré en degré, cette vitesse deviendrait infinie et l'appareil travaillerait, pour ainsi dire, à vide.

« Veut-on conserver au point d'appui sa condition première, que l'appareil n'agisse que dans une portion du fluide qui soit en repos par rapport à lui, c'est-à-dire à laquelle il n'ait pas encore communiqué son propre mouvement, soit directement, soit indirectement par l'effet du remplacement naturel de l'eau qu'il a déplacée. Ainsi les rames qui vont chercher le point d'appui au large et à des intervalles considérables, sont dans une condition bien meilleure que les aubes qui plongent dans le courant même produit par le sillage du bâtiment, et qui se succèdent à des intervalles trop rapprochés pour laisser à l'eau le temps de se replacer convenablement. Voilà donc une nouvelle cause de déperdition de la force motrice, eu égard à la marche du bateau, déperdition qui sera d'autant plus considérable que l'action de l'appareil sur le fluide se rapprochera davantage d'une pression continue; cet élément variable étant désigné par Y, on aura pour le mouvement du bateau :

$$M V - F - M. V. - P. - Y.$$

« S'il fallait maintenant déterminer la valeur de chacun de ces termes, nous en serions réduits au point où en est la science, à une foule de suppositions que l'expérience *dément trop souvent*. Nous serions forcé, d'ailleurs, de tenir compte d'un grand nombre d'éléments inappréciés jusqu'ici, sans qu'il résultât de formules ainsi composées des lumières nouvelles pour le perfectionnement de l'art. On a écrit des volumes d'algèbre pour essayer de déterminer les re-

lations qui existent entre la grandeur du piston et la vitesse du navire, sans qu'il en soit résulté, que je sache, de règles admises généralement par les praticiens ; quelques-uns même ont pu puiser dans ces calculs des notions rétrogrades.

« Heureusement le problème du perfectionnement des bateaux à vapeur n'exige pas, pour être résolu, tant de connaissances qui nous manquent encore. Ce problème se borne, ainsi qu'on va le voir, à trouver et à établir les rapports les plus avantageux entre les termes que j'ai indiqués, sans s'occuper de déterminer la meilleure condition de chacun d'eux.

« M V, Par exemple, qui représente la résistance du navire, est en raison composée de sa grandeur et de sa vitesse, la nature de la surface exposée au frottement de l'eau, et surtout la forme du bâtiment, peuvent modifier beaucoup cette résistance : perfectionner cette forme, c'est améliorer en général l'art des constructions navales. Les navires à vapeur profiteraient sans doute de ce progrès ; mais ce n'est pas la question spéciale qui les concerne.

« F est un moteur généralement en usage que l'art des bateaux à vapeur s'est appliqué; ainsi que l'ont fait tant d'autres industries, ce moteur s'est perfectionné et il se perfectionnera sans doute encore; peut-être même sera-t-il remplacé par quelque autre ; mais cette étude est en dehors aussi du problème qui nous occupe.

« Le perfectionnement de la navigation à vapeur aura lieu, si de deux navires bien construits exactement semblables, armés de moteurs d'égale force et d'égale qualité, et munis du meilleur appareil nageur connu jusqu'à ce jour, on substituait à l'un d'eux un appareil nouveau qui lui donnerait sur l'autre une supériorité marquée de vitesse, d'économie, de stabilité, de sécurité, de durée, etc., etc. Et comme il ne s'agit de modifier dans ce cas ni le moteur ni le navire, on voit que le perfectionnement ne consiste, à proprement parler, que dans l'appareil nageur ou point d'appui, ce qui réduit la question à un problème de mécanisme.

« Le bâtiment et le moteur ou M V et F étant donnés, tout consiste donc à faire *M. V.* le plus petit possible, afin de conserver la plus grande somme de mouvement à M V, qui est la marche du bâtiment ; en un mot, il ne s'agit que de découvrir l'appareil nageur, qui, toutes choses égales d'ailleurs, exige dans le mouvement du vaisseau la moindre consommation de force motrice. Ce problème, plusieurs l'ont cherché, quelques-uns le poursuivent encore. Les inconvénients des roues à aubes, la déperdition considérable de force motrice qu'entraîne cet appareil, ont fixé l'attention de la plupart des ingénieurs; mais, chose étrange ! les causes principales de cette déperdition, l'obliquité des surfaces, la vitesse excessive et la pression continue, se trouvent à un degré plus haut encore dans tous les appareils qu'on s'est proposé jusqu'ici de substituer aux aubes. Aussi toutes ces inventions, à l'expérience, se sont-elles trouvées plus imparfaites que celles qu'il s'agissait de remplacer, ce qui montre que leurs auteurs, guidés dans cette recherche par une sorte d'instinct, ont fait fausse route et n'ont point suivi de véritable théorie. Cette théorie, en effet, est toute à faire, elle n'existe point

« La science de l'hydrodynamique n'a pas fait grand progrès depuis longues années ; les lois du mouvement des corps dans les fluides sont aujourd'hui comme autrefois des règles sujettes à plusieurs exceptions imparfaitement reconnues. On suppose, par exemple, que le corps qui se meut dans l'eau avec une vitesse quelconque se trouve dans la même condition quant à la résistance qu'il éprouve, que celui qui, demeurant fixe, serait choqué par l'eau avec une vitesse semblable : le raisonnement démontre l'identité dans les deux cas ; l'expérience ne paraît pas en confirmer l'exactitude.

« La loi qui rend cette résistance proportionnelle au carré des vitesses est fondée sur une observation qui paraît de la dernière évidence, car un corps qui parcourt dans le même temps une étendue double, imprime une somme double de mouvement à une quantité double de molécules. Eh bien ! ici encore l'expérience nous oblige à n'admettre cette base de calculs que d'une manière très-approximative.

« J'en dirai autant sur la meilleure figure à donner aux vaisseaux, sur ce qu'on appelle la forme du solide de moindre résistance. La théorie a même renoncé, en quelque sorte, à déterminer exactement cette forme, et nous en sommes réduits à des tâtonnements plus ou moins heureux, dont les résultats sont quelquefois inattendus et nous paraissent inexplicables.

« Mon père avait aussi pendant longtemps cherché à éclaircir ces points douteux ; il avait fait une longue série d'expériences sur les solides de diverses formes, mus avec des vitesses différentes. Bien d'autres ont fait ces expériences avant et après lui : nous avons celle de *Bougeno*, celle de *Bossut*, celle de *Borda*, celle de *Dubuat*, auxquelles concourent MM. de *Prony*, *Lacroix*, *Dumas*, *Bougainville* et *Soulague* ; nous avons les expériences de la Société de Navigation anglaise, celles du colonel *Bauffoy* et de nombre d'autres savants. Si je plaçais ici en regard les résultats de toutes ces expériences, j'offrirais un tableau de contradictions propres à confondre celui qui voudrait y chercher des bases de calculs exactes. Que conclure de cela ? Que les expériences sont à refaire probablement dans des proportions et avec des appareils différents de ceux qui ont servi jusqu'ici ; car je trouve, du moins dans le travail de mon père, une conclusion qui paraît avoir échappé aux autres expérimentations, « c'est que l'état d'un corps mû « dans le fluide diffère de celui du même « corps mû à la surface du fluide ; c'est « que la loi de la résistance paraît varier « avec la grandeur des corps, leur pesanteur

« spécifique et ses diverses profondeurs où « ils sont immergés ; de sorte que ce qui « serait vrai pour un modèle de petite di- « mension, cesserait de l'être pour un vais- « seau de guerre (1). »

(1) Qu'il nous soit permis d'ajouter aux citations de l'illustre auteur de cette théorie ce que nos recherches sur cette matière nous ont appris, après quoi nous reviendrons à cet intéressant essai.

1° Dans l'ouvrage intitulé *Vues nouvelles sur les courants d'eau, la navigation intérieure et la marine, chapitre VII sur la résistance des fluides, par M. Ducresse, de l'Académie des sciences*, an XII (1803), on lit :

« (62) Une foule de grands géomètres, à la tête desquels on doit placer l'immortel NEWTON, n'ont cessé depuis plus d'un demi-siècle de s'occuper de la recherche des lois de la résistance des fluides. L'inutilité de leurs travaux à cet égard, ou pour mieux dire, les erreurs très-graves où ils ont été conduits, lorsqu'ils n'ont eu d'autres guides que leur sagacité et la force de leurs raisonnements, ont enfin été convaincus que le flambeau de l'expérience pouvait seul porter la lumière sur un sujet si délicat et où la nature paraît s'envelopper d'un voile impénétrable : aussi un grand nombre de savants :

Borda, Bossut, Thevenard et Romé } en France
Don Juan d'Ulloa en Espagne
Smith, Brent et Randall } en Angleterre
Chapmann en Suède

ont-ils multiplié de tous côtés les expériences, et néanmoins la théorie de la résistance des fluides est restée tout aussi incertaine qu'elle l'était auparavant.

« Les expériences ont bien démontré les faussetés des anciens principes de la science, mais elles ne leur en ont substitué aucun nouveau ; elles ont tout détruit et n'ont rien édifié.

« Il est très-remarquable que les recherches de tant de personnes éclairées dans une route qui paraissait si facile et si sûre, aient été entièrement infructueuses.

« Cela prouve que l'on n'a point assez senti la difficulté des expériences, et surtout qu'on ne s'était pas assez pénétré de la nécessité de bien méditer avant de les commencer, et l'objet précis que l'on devait avoir eu en vue et le plan à suivre pour remplir cet objet.

« Il est donc essentiel, avant de se livrer à de nouvelles expériences, de commencer par chercher à bien connaître, afin de les éviter, tous les inconvénients qui ont rendu inutiles toutes les expériences faites jusqu'à ce jour. »

2° Dans le *Dictionnaire des sciences mathématiques*. par M. *C. de Montfolgier* (1837), page 429, on lit :

« La théorie mathématique *de la résistance des fluides*, si importante pour les constructions navales est encore malheureusement peu avancée et jusqu'ici les efforts des plus grands mathématiciens ont été *insuffisants* pour l'établir d'une manière non pas *rigoureuse*, mais seulement *satisfaisante*.

« D'après *Newton* on avait généralement admis que cette résistance est dans le rapport composé du carré de la vitesse du corps en mouvement, de l'étendue de la surface du fluide qui résiste et de la densité du fluide ; mais un grand nombre d'expériences faites en France, ont prouvé que ces principes sont incertains. Ils ne s'accordent à peu près avec les faits que pour les vitesses moyennes, mais pour les vitesses très-grandes et très-petites, elles s'écartent beaucoup. »

3° Enfin dans le *Journal des Débats*, 20 et 24 septembre 1839, M. *Michel Chevalier* nous apprend encore que :

« En 1825 l'illustre *Ampère*, professeur d'analyse et de mécanique à l'École polytechnique, commençait la leçon d'hydrodynamique qui terminait son cours par un préambule dont le sens était :

« J'ai à vous enseigner, Messieurs, une théorie « sur le mouvement des fluides, qui n'est fondée « sur *rien*, qui n'est bonne à rien, *que tous les faits « démentent* et que vous aurez *grand soin d'oublier* « toutes les fois que vous aurez *à exécuter des tra- « vaux*. »

Pour abréger ces citations, qui pourraient se reproduire à l'infini, nous renvoyons nos lecteurs, à la *Mécanique* d'Euler, à l'*Hydrodynamique* de D. Bernouilli, au *Traité d'artillerie* de Robins, aux Mémoires de Borda (1763) enfin aux travaux de d'Alembert, Condorcet et Bossut.

« Il ne m'appartient pas d'expliquer ces lacunes de la science ; on parviendra sans doute quelque jour à les remplir ; en les indiquant, j'ai seulement voulu montrer que l'application de l'analyse à l'art des bateaux à vapeur sera de peu de secours tant que des expériences convenablement faites n'auront pas fourni des évaluations plus certaines que celles que nous possédons.

« S'il existe encore tant d'obscurité dans la théorie du navire, ce qui concerne la puissance motrice est bien aussi sur quelques points resté dans l'imperfection ; je n'en veux pas d'autre preuve que l'ouvrage curieux et savant que vient de publier M. de Pambour.

« Lorsqu'il s'agira d'exécuter une des nombreuses variétés de machines à vapeur qui existent, on ne pourra en prédire l'effet réel que d'une manière approximative.

« Vouloir supputer à *priori* les rapports les plus parfaits entre les diverses parties de la machine et celles du navire, c'est risquer de voir se multiplier les chances d'erreur ; c'est introduire dans les formules un nombre double d'éléments d'une valeur inconnue, et je ne puis m'empêcher de le dire ici : le perfectionnement des bateaux à vapeur n'arrivera jamais par cette route, quelque ornée qu'elle soit de syllogismes algébriques.

« Aussi l'art de construire et de perfectionner les bateaux à vapeur est resté abandonné à des artistes mécaniciens plus ou moins ingénieurs qui n'ont pu s'écarter des chemins battus, faute de posséder une théorie.

« Je ne viens pas en offrir une, je n'ai ni l'amour-propre qui enhardirait à la proposer, ni l'autorité qui serait nécessaire pour l'appuyer. Je viens signaler une lacune importante qui pourrait être remplie, au grand contentement de ce siècle d'activité et d'industrie, par l'Assemblée la plus savante de l'Europe.

« Depuis sa création par Colbert, l'Aca-

démie des sciences, parmi ses immortels travaux a rendu de si grands, de si nombreux services, que les yeux se portent naturellement sur elle, aussitôt qu'une question relative à cet art difficile vient à se présenter.

« La science de la navigation à vapeur est dans son enfance, elle est née française, c'est presqu'un devoir pour l'Académie d'en faire un sujet d'adoption, de l'éclairer, de la rendre accessible au grand nombre de ceux qu'elle intéresse et de diminuer par là les périls qu'encourent ceux qui s'y exercent sans guides et sans principes.

« Voici les trois inconvénients principaux du système adopté jusqu'ici pour les bateaux à vapeur :

« 1° Nécessité de donner au point d'appui une grande vitesse aux dépens de celle du bâtiment.

« 2° Obliquité du choc des aubes, différence de vitesse aux divers points de la surface et déoerdition de force motrice qui en résulte.

« 3° Enfin continuité, ou presque continuité du mouvement, ce qui paraît contraire aux lois que la nature elle-même a posées.

« Obvier à ces inconvénients, construire un appareil qui en soit complétement à l'abri, ce serait une entreprise que je crois au-dessus du génie et de l'art humains, mais du moins de grandes améliorations sont possibles, et pour se lancer dans la voie du perfectionnement il est essentiel de bien reconnaître la nature des défauts auxquels il s'agit de remédier.

« Or, puis-je croire que cet examen ait été fait jusqu'ici d'une manière suffisante, puisque tous les appareils qu'on a proposés pour remplacer le système des roues à aubes n'ont fait que reproduire à un degré plus élevé les inconvénients inhérents à ce système ?

« On a imaginé des palettes ou pattes, plongeant dans l'eau près des bords du bateau, poussés et retirées par un mouvement régulier, appareil qui pourrait équivaloir aux roues à aubes s'il n'entraînait pas une perte de temps et de force dans le retour des rames.

« On a placé soit aux côtés du bâtiment soit à l'arrière des roues à aubes inclinées comme celles des moulins à vent. Leur effet sur le bâtiment n'a été qu'une résultante proportionnelle à l'obliquité, et cette obliquité même a forcé d'augmenter leur vitesse aux dépens de celle du bateau.

« On a disposé de chaque côté des châssis portant des volets mobiles agissant, soit lorsqu'on plongeait perpendiculairement les châssis, soit lorsqu'on les relevait, sous un angle favorable à la marche du bateau. Cette idée ingénieuse et aussi d'une exécution facile n'a point eu de résultat, l'obliquité constante du choc consommant en pure perte une grande partie de la force motrice.

« On a ainsi essayé à grands frais tout récemment l'emploi de l'hélice ou vis d'Archimède comme l'appellent assez improprement les Anglais. Cette idée, caressée et proposée à mon grand étonnement par un savant anglais, M. *Tredgold*, vient d'être exécutée sur une grande échelle, et les journaux nous ont annoncé le succès de cette entreprise.

« Pour moi, sans contester ce qu'ils rapportent de la marche du bateau à vapeur *l'Archimède*, je persiste à dire que l'hélice présente sous le rapport de l'effet dynamique tous les inconvénients des roues à aubes, à un bien plus haut degré, motion continue, vitesse extrême, obliquité du choc. Pour qu'un navire armé de l'hélice puisse équivaloir, toutes choses égales d'ailleurs, à un bâtiment muni de roues, il faut appliquer au premier une force motrice plus considérable et par conséquent d'une consommation plus coûteuse. J'attendrai donc avec confiance qu'on nous ait donné des bases authentiques de comparaison entre la marche de *l'Archimède* et celle de tel autre navire à vapeur à roues, en tenant compte rigoureusement du degré de dilatation auquel la vapeur est employée et de la quantité du combustible consommé par chacun d'eux. On conçoit que l'infériorité d'un appareil peut être suppléée par une augmentation de la force motrice ; mais dans ce cas, où est le perfectionnement de l'art (1) ? »

(1) M. Tredgold etablit (§ 16) que la forme angulaire d'une carène à surfaces droites éprouve moins de résistance contre le fluide qu'une carène à surfaces courbes, ce qui est entièrement contraire aux notions les plus familières aux constructeurs et aux marins, et ce qui est solennellement démenti par l'expérience. En effet si à un parallélipipède terminé à l'avant et à l'arrière par des prismes rectilignes, on ajoute extérieurement d'une extrémité à l'autre des appendices curvilignes, le corps flottant déplacera plus d'eau par l'effet de ces renflements, et pourtant il éprouvera moins de résistance à se mouvoir. La science n'est point encore assez avancée pour déterminer la nature des courbes propres à réduire à un *minimum* la résistance d'une carène ; mais l'infériorité des surfaces droites est un fait hors de doute et généralement reconnu. Ainsi les formules que donne M. Tredgold à ce sujet ne peuvent être d'aucune utilité pour les constructions, puisqu'il s'y rencontre toujours un terme dont l'évaluation a lieu en sens inverse à la réalité.

M. Tredgold (§ 635) etablit au sujet de la disposition à donner aux aubes, *que la résistance ou mouvement devient moindre quand la surface frappe l'eau obliquement.*

C'est pourquoi il reconnaît (§ 640) *que les très-grandes roues frappent le fluide dans une direction plus favorable que les autres.*

Il reconnaît aussi (§ 629 et 630) *l'inconvénient des différentes vitesses entre le bord extérieur et le bord intérieur de l'aube différence provenant de ce qu'elle agit circulairement à l'extrémité d'un rayon.*

Après ces observations n'y-a-t-il pas lieu de s'étonner qu'il ait consacré plusieurs pages de calculs (dont quelques-unes sont qualifiées *d'erronées* par M. *Galloway*), à démontrer les avantages de la vis

Arrivant à l'application pratique, M. de Jouffroy établit les corollaires suivants :

I. Deux pyroscaphes de grandeurs différentes, mais similaires dans leurs formes, dans les proportions de leurs diverses parties entre elles, dans les relations respectives de la puissance motrice à la résistance du navire, en un mot, organisés de même, aux dimensions près, et placés dans des conditions identiques parcourront dans un temps donné des espaces proportionnels à leurs grandeurs ou mieux à chacune de leurs dimensions homologues. Connaissant la vitesse moyenne de chacun d'eux, on pourra en déduire le rapport qui existe entre leurs dimensions, et *vice versa*.

Si l'un, par exemple, parcourait 300 mètres dans une minute, et que l'autre n'eût qu'une vitesse de 100 mètres dans le même espace de temps, on saurait que le premier est trois fois plus long, plus large, plus profond, etc., que le second.

Si en effet il arrivait que la marche de ces deux navires, dont nous supposons l'un triple de l'autre, ne fût pas dans la même proportion, s'il est évident que leur organisation ne serait pas identique, il faudrait reconnaître dans celui des deux qui surpasserait dans sa marche la limite proportionnée à sa grandeur une supériorité provenant, soit d'un excès de force motrice par rapport à l'autre navire, soit d'une forme plus favorable, soit d'un mécanisme plus parfait ou mieux exécuté.

Les comparer ne serait plus comparer le petit au grand, puisque les deux navires ne seraient pas dans les mêmes conditions : ce serait sortir du problème dont nous nous occupons, ce serait agir comme on l'a fait dans la note adressée à l'Académie des sciences relativement aux luttes qui ont eu lieu naguère dans le bassin de la Manche entre *le Napoléon* de 120 chevaux, *le Pluton* et *l'Archimède* de 220 chevaux.

II. Le modèle que M. A. de Jouffroy a construit représente à l'échelle de 1/37e une frégate de guerre du poids de 1,500 tonneaux environ, portant 44 pièces d'artillerie.

Prenant pour moitié chacune des dimensions du modèle, la frégate représentera dans toutes ses parties 37 fois ces moitiés.

La vitesse des navires étant connue, leurs dimensions (I) et le modèle étant au 1/37e une représentation exacte de la frégate, celle-ci devra parcourir dans un temps donné 37 fois plus de chemin.

III. Les proportions du modèle et celles de la frégate qu'il représente sont :

Longueur.	Modèle	1 m 480 m	Frégate	54 m 760 mes
Largeur.	—	0, 325 m	—	12 m 025
Creux.	—	0, 163	—	6 031

Dès lors les aires de résistance, le poids d'eau déplacée et les vitesses sont respectivement, savoir :

1° Aire de résistance (surface immergée de la tranche au maître couple) :
Modèle 0 m 040 mes carrés. Frégate 35 m 530mes carrés.

2° Poids d'eau déplacée :
Modèle 29 k 50. Frégate 29 k 50 × 373 = 1,494,263 k

3° Vitesse par minute :
Modèle 8 mètres. Frégate 8 m × 37 = 296 mètres.

Eléments comparatifs de la force motrice. — IV. Pour que le résultat des expériences comparatives fournisse une base de calculs exacts, il fallait non-seulement que la forme et les proportions de chacun des bâtiments fussent en parfait rapport avec celles de l'autre, mais encore que la somme de force motrice employée sur chacun d'eux fût dans la proportion exacte de la masse et de sa vitesse particulière.

Pour obtenir ce résultat, M. A. de Jouffroy a dû s'appuyer sur les données suivantes, déduites d'expériences faites sur tous les pyroscaphes connus :

1° La vitesse moyenne des meilleurs navires à vapeur de mer d'après le relevé des observations faites de 1830 à 1834 a été de 6, 1 nœuds ou milles nautiques par heure, soit 11k 5. Mais depuis cette époque on est parvenu à la vitesse moyenne de 8 nœuds par heure, soit 14k 8 en augmentant la force motrice et la consommation du combustible aux dépens du frêt.

2° Pour obtenir la vitesse de 6, 1 mille en moyenne, on employait une force de vapeur égale à 7,50 et 8 chevaux par chaque mètre carré de l'aire de résistance du pyroscaphe, et pour obtenir la vitesse moyenne de 8 milles on a dû élever cette force motrice à 11 et 12 chevaux-vapeur par mètre carré de l'aire de résistance.

3° Les forces motrices sont entre elles comme les résistances des navires à vitesses égales. Pour des navires similaires, ces résistances sont entre elles comme les produits des surfaces des aires de résistance par le carré des vitesses.

Cela posé, la résistance du modèle sera à celle de la frégate qu'elle représente.

d'Archimède dans laquelle se rencontrent précisément l'obliquité la plus forte et la différence de vitesse la plus considérable à cause du peu de longueur du rayon?

Enfin un des plus célèbres savants du dernier siècle, M. *Bernouilli*, a proposé sérieusement de faire mouvoir les bateaux au moyen d'une pompe qui refoulerait l'eau à l'arrière, et réellement ce procédé a été, à ma connaissance, essayé plusieurs fois. Toujours on a obtenu un résultat pareil pour une grande force de pensée, une très-faible quantité d'effet utile produit.

C'est un étrange point d'appui que l'eau refoulée par l'eau ; outre que ce système implique une grande vitesse de corps choquant et une motion parfaitement continue, ne voit-on pas que les molécules du fluide se dispersent au moment même du choc dans une infinité de directions? la réaction qui résulte dans la direction utile à la marche se réduit à peu de chose.

Voilà donc où en est restée la science des bateaux à vapeur; elle est à faire, et le peu de succès de toutes les tentatives a découragé les artistes et les mécaniciens praticiens qui ont conclu du silence de la théorie qu'il n'y avait rien de mieux à faire que ce qui existe aujourd'hui.

: : 1 : 1,369 × 372 = 1,874,161.

Les résistances sont aussi entre elles comme les produits des masses multipliés par la simple vitesse. On a en effet

Masses 1369 × 37 = 50,653. × 37 — 1,874,161.

V. Dans l'état actuel de l'art, l'aire de la frégate exigerait pour une vitesse de 7 1/2 à 8 milles (14 à 15 k. environ), 391 chevaux-vapeur en minimum produit de l'aire de résistance par 11 ; la force motrice nécessaire pour parcourir une vitesse de 8 mètres au modèle $\frac{244}{87}$ (IV. 3°) sera de 0,000,218 environ, cheval-vapeur soit 0,98 kilogrammes élevés à un mètre de hauteur par minute.

Telle est, en effet, la force réelle dépensée par le modèle armé de son appareil de roues à aubes; le ressort moteur s'épuise en 8 minutes, le nombre de tours ou de révolutions de l'arbre est de 180; pendant ce temps le modèle parcourt 60 à 65 mètres dans une eau calme; mais aussitôt qu'on substitue l'appareil palmipède perfectionné de M. A. de Jouffroy, aux roues à aubes, la vitesse du petit bâtiment s'augmente dans une forte proportion. On est obligé pour ramener cette vitesse à 8 mètres par minute, de réduire de plus de moitié la force du ressort qui, dans ce dernier cas, ne supporte plus que 0,40 kilog. au lieu de 0,98 et qui ne se trouve épuisé qu'au bout de 16 à 17 minutes: le modèle ayant parcouru pendant ce temps 130 à 140 mètres au lieu de 60 à 65 par l'effet des roues.

VI. Tels sont les résultats des expériences comparatives que MM. les commissaires de l'Académie des sciences ont eu à juger et qu'ils ont vérifiés dans six séries d'expériences répétées sous leurs yeux. Ces résultats ne sauraient laisser aucun doute sur la solution pratique du problème que la théorie avait indiquée à M. A. de Jouffroy.

Le rapport lu à l'Académie le 2 novembre 1840, rédigé par l'illustre M. *Cauchy*, et adopté par tous les membres de cette seconde commission, c'est-à-dire par la section presque entière de mécanique, a reconnu franchement et proclamé sans réserve aucune (en termes suivants, que nous lui empruntons pour donner à nos paroles toute la force convenable) l'immense portée d'une invention qui doit produire une révolution complète et efficace dans l'art du navigateur, et enfin généraliser l'application de la vapeur à la navigation maritime, et remplacer partout inévitablement les divers systèmes employés ou essayés jusqu'ici pour traverser le vaste océan.

***Extrait** du rapport lu à l'Académie des sciences, par M.* A. Cauchy.

« L'appareil que M. A. de Jouffroy propose de substituer aux roues à aubes, se compose de deux palmes ou pattes de cygne articulées placées à l'arrière du bâtiment et doué d'un mouvement alternatif qui s'ouvrent pour frapper à reculons et se ferment pour revenir ensuite à la place qu'elles occupaient d'abord. L'heureuse idée de cet appareil a été suggérée à M. A. de Jouffroy, comme il le dit lui-même, par le désir bien naturel d'imiter cet admirable mécanisme dont la sagesse du Créateur a pourvu le cygne et les oiseaux navigateurs destinés par elle à sillonner la surface des eaux.

« La surface des palmes étant considérable par rapport à la surface immergée des aubes, donne aux palmes cet avantage, qu'avec la même force motrice elles impriment une moindre vitesse au fluide placé en arrière du bâtiment, et par suite une vitesse plus grande au bâtiment lui-même : d'ailleurs les palmes agissant toujours en sens opposé de la direction que suit le bâtiment, ne produisent qu'un effet utile à la marche de celui-ci. On ne pourrait en dire autant des aubes, qui, en raison de leur mouvement rotatoire, lorsqu'elles ne sont pas articulées, choquent et poussent le fluide dans diverses directions.

« On ne sera donc point étonné d'apprendre que les expériences faites en notre présence et dans lesquelles nous nous sommes surtout proposé de comparer les deux systèmes l'un à l'autre, soient entièrement favorables au nouveau système. Il résulte en particulier de ces expériences que le nouveau système *présente une grande économie de force motrice et par conséquent de combustible.*

« Aux avantages que nous avons signalés dans le nouveau système, on doit joindre la facilité que présentent les palmes de pouvoir être appliquées à toutes sortes de bâtiments, même à voiles; ajoutons que la grande profondeur dans laquelle elles travaillent tend à les préserver d'un inconvénient offert par les roues à aubes, qui peuvent devenir inutiles ou même nuisibles, non-seulement au milieu d'une tempête pendant laquelle ces roues se trouveraient exposées avec les tambours qui les renferment au choc violent des lames et des vents, mais aussi par un vent largue, puisque alors une des roues sortant de l'eau, tournerait à vide, l'autre étant noyée. Observons encore qu'appliquées à un bâtiment de guerre, les roues, en obstruant au moins douze sabords, le privent d'autant de canons et peuvent d'ailleurs être facilement endommagées par l'artillerie, tandis que les palmes travaillant sous l'eau et se dérobant à la vue, courent moins de dangers et ne causent nu embarras.

« Avant de terminer ce rapport, nous ferons une dernière observation qui n'est pas sans importance, quelles que soient la perfection et l'unité d'un appareil, il peut arriver que dans certains cas cette utilité devienne douteuse ou même disparaisse entièrement. La grande mobilité des roues doit être recherchée dans un chariot, dans une voiture, et pourtant le chemin peut offrir une pente tellement rapide, qu'on soit obligé de les enrayer. Personne ne conteste l'utilité des voiles

pour faire marcher un navire sous l'action du vent, et toutefois cette action peut être tellement violente, qu'il devienne absolument nécessaire de les carguer ou même de les caler. Enfin les roues à aubes peuvent devenir non-seulement inutiles, mais encore nuisibles, comme nous l'avons expliqué. Les palmes seraient-elles seules exemptes des inconvénients que peuvent offrir en des circonstances données les autres appareils? Attachées, comme M. A. de Jouffroy le suppose, à la poupe du bâtiment, seraient-elles assez solides pour n'avoir rien à craindre, dans une mer violemment agitée, du choc des vagues et d'un mouvement de tangage marqué? Il faudra évidemment recourir à l'expérience en grand pour être en état de résoudre cette question, si l'expérience prouve que dans la navigation en pleine mer, et dans les temps d'orage, le nouvel appareil ne peut travailler sans être compromis, ce que l'on devra faire alors, ce sera de le mettre au repos en le ramenant sous les flancs du navire, où il pourra demeurer en sûreté. Il deviendra pour un temps inutile comme le sont les voiles ou les roues dans des cas semblables, et reprendra ses fonctions lorsque la tempête sera calmée.

« En résumé, l'avantage incontestable qu'offrent les palmes de pouvoir s'adapter à toutes sortes de bâtiments, de guerre ou de commerce, grands, quelles que soient d'ailleurs leur construction ou leur forme, sans exiger aucune modification dans leur voilure, sans priver les bâtiments de « guerre d'une partie de leur artillerie sans élargir les bâtiments de commerce destinés à naviguer sur les canaux; les avantages non moins évidents qu'elles tiennent de leur immersion totale, de la direction unique et toujours utile de leur mouvement propre et de la grande étendue de surface qu'elles présentent au liquide doivent faire vivement souhaiter que la marine française essaye en grand le nouveau système. Cet essai paraît d'autant plus désirable qu'une économie notable de force motrice de combustible est indiquée par la théorie comme conséquence nécessaire des avantages que nous venons de signaler. Nous dirons même que, suivant l'opinion personnelle de tous les membres de la commission, cette économie est déjà suffisamment constatée par les diverses expériences exécutées jusqu'à ce jour, soit par celles qui, en présence des premiers commissaires, ont été tentées sur une goëlette d'environ 120 tonneaux, pourvue d'un appareil malheureusement trop faible et encore imparfait, soit par celles que nous avons dû exécuter sur le modèle présenté à l'Académie et soumis par elle à notre examen. Nous pensons d'ailleurs que, dès à présent, il est juste de reconnaître les avantages du nouveau système tels que nous les avons définis, et que ce système est très-digne de l'approbation de l'Académie. »

Les conclusions de ce rapport ont été adoptées.

Pour rendre plus faciles des expériences propres à faire connaître les avantages ou les inconvénients du nouveau système, M. A. de Jouffroy a construit sur l'échelle de 1 m. pour 37 m. une frégate modèle qu'il arme à volonté de pattes de cygne ou de roues à aubes, dont les dimensions ont avec celles du modèle les mêmes rapports qui subsistent et doivent subsister dans l'exécution en grand. Voici les résultats de quelques expériences, dans lesquelles un seul et même moteur a été appliqué à la frégate placée sur un canal et pourvue de l'un et l'autre appareil.

Première expérience dans laquelle la frégate a navigué en remontant contre le vent.

Armée de roues à aubes, la frégate a parcouru 41m60, en 7 minutes. Dans cet intervalle de temps, au bout duquel la force motrice a été complétement épuisée, les roues ont fait chacune 130 révolutions.

Armée de pattes, la frégate a parcouru 49m40, en 7 minutes, pendant lesquelles le nombre des battements ou oscillations des pattes a été de 130. Mais ce qu'il importe de remarquer, c'est qu'alors, au bout de 7 minutes, la force motrice, loin d'être épuisée, a continué de faire marcher, pendant onze autres minutes, la frégate qui, dans ce nouvel intervalle de temps, a parcouru plus de cinquante mètres.

Deuxième expérience dans laquelle la frégate a navigué dans le canal en descendant sous le vent.

La frégate armée de roues, a parcouru 52m60, en 8 minutes. Dans cet intervalle de temps, au bout duquel la force motrice a été complétement épuisée, chaque roue a exécuté 182 révolutions.

« Armée de pattes, la frégate a parcouru 70m20, en 8 minutes; le nombre des battements dans cet intervalle ayant été de 182. Mais au bout de 8 minutes, la force motrice n'était pas épuisée comme dans le premier cas, et elle a continué de faire marcher pendant 8 autres minutes la frégate qui, dans ce nouvel intervalle de temps, a parcouru 59m80.

Le rapport de l'économie de force motrice est donc ici en faveur du nouveau système

:: 2,41 : 1.

Ces expériences démontrent évidemment que les palmes ont sur les roues un grand avantage sous le rapport de l'économie de force motrice. Si cet avantage eût été déduit par la théorie d'expériences faites sur la frégate armée du nouvel appareil, on pourrait jusqu'à un certain point contester un résultat de calcul; mais ici pour se rendre indépendant de toutes causes d'erreurs on a comparé

directement l'ancien système au nouveau, et l'on a opéré successivement avec l'un et l'autre appareil, en les plaçant tous les deux dans les mêmes conditions. ***Il n'y a donc aucune possibilité de révoquer en doute l'avantage incontestable que donne l'expérience au nouveau système***, avantage qui d'ailleurs était déjà clairement indiqué par la théorie, et les principes les plus certains de la dynamique.

Nous aimons à croire que la vue de tous les avantages ci-dessus indiqués déterminera la marine française à faire l'essai en grand du nouveau système; que si M. de Jouffroy père a pu voir ses belles expériences trop longtemps oubliées dans sa patrie, le fils sera plus heureux, et que cette fois, du moins, la France ne se laissera pas ravir une découverte qui peut devenir si utile à ceux qui les premiers auront su en profiter!

En résumé, les avantages de système vélopède sont :

1° Economie notable de forces motrices, puisque l'appareil du point d'appui presse le fluide sans obliquité avec une grande surface, à une grande profondeur, par efforts rapides, et que le fluide a tout le temps nécessaire pour se replacer dans l'intervalle des pressions. Donc, à dépenses égales, augmentation de vitesse.

2° Il conserve au bâtiment sa stabilité, puisqu'on n'a besoin de rien changer à la forme usuelle du navire auquel on conserve tout son gréement et toute sa voilure à l'ordinaire. L'appareil suspendu à l'arrière en descendant à la profondeur de la quille, travaille sur les flancs du navire.

3° Cet appareil est moins embarrassant que celui des roues; il n'occupe (la chaudière exceptée) point de place qui puisse embarrasser les manœuvres à la mer : plus de tambours, plus d'interruption dans les batteries des bâtiments de guerre. Les palmes, presque entièrement immergées, ne sont pas plus exposées que ne l'est le gouvernail aux projectiles de l'ennemi.

4° Le port des navires voiliers du commerce ne serait diminué qu'en raison du poids des machines qui est à peine le tiers du poids de celles employées à bord des pyroscaphes à roues du même déplacement, et du poids du combustible réduit dans la même proportion, de sorte que le navire vélopède porterait six fois autant de marchandises que le steamer auquel nous le comparons.

VELOURS. — Étoffe précieuse, ordinairement de soie, et le plus souvent velue d'un côté et rase de l'autre. Le velours a deux *chaînes* : l'une appelée *chaîne de pièce*, forme le bâti où le corps de l'étoffe ; l'autre, nommée *poil*, sert à former le velouté. Les fils de cette dernière sont moins nombreux d'un tiers ou d'un quart, mais chaque poil est composé de plusieurs brins dont le nombre varie de 1 1/2 à 4 ; on dit que le velours est à 2, 3, 4 poils, selon le nombre de ces brins. Le velours est *plein* ou *ras*. Le velours plein n'a ni figures ni rayures ; le ras est souvent *figuré* ou *ciselé*, c'est-à-dire chargé d'ornements, quelquefois à fond d'or ou d'argent. On voit aussi des velours qui présentent deux raies, l'une en velours plein, l'autre en velours ras : on les appelle *cannelés*.

Le prix des velours de soie étant encore fort élevé il y a un siècle, on imagina en Angleterre d'en faire entièrement de coton. Cette fabrication s'introduisit en France en 1740 ; mais quels que soient les perfectionnements qu'elle ait reçus, on reconnaît toujours le velours de coton à sa couleur terne, et, nous ajouterons, à l'inégalité de sa teinture.

Ailleurs, et notamment à Utrecht, on avait déjà eu l'idée d'employer le fil de lin ou de chanvre pour le tissu, et la laine ou le poil de chèvre pour le velouté. Ce velours de laine ne s'emploie guère que pour couvrir les meubles.

L'invention du velours remonte à un temps immémorial. Cette brillante étoffe, fabriquée d'abord dans les Indes, s'introduisit en Europe par la Grèce et l'Italie. Aujourd'hui il y en a des fabriques en Italie, en Hollande, en Allemagne et en Angleterre. Les villes qui se distinguent le plus dans ce genre de fabrication sont Lyon pour les velours ciselés et façonnés, Amiens et Manchester pour les velours de coton, Gênes pour les velours unis, Utrecht pour les velours de laine, et Crevelt pour les velours à bas prix (1).

VENTILATEURS. — Les ventilateurs consistent en ailettes droites ou courbes en tôle, montées sur un croisillon dont l'axe est animé d'une grande vitesse de rotation, et renfermées dans un tambour. L'air est aspiré par deux ouvertures pratiquées au centre des faces latérales du tambour, et s'échappe à la circonférence par une ouverture disposée à cet effet, en vertu de la force centrifuge et de celle qui lui est imprimée par les palettes qui viennent la choquer.

On communique ordinairement le mouvement aux ventilateurs à l'aide d'une courroie sans fin ; leur vitesse atteint souvent 1,000 et même 1,500 tours par minutes. Le tambour se construit fréquemment, les deux plaques latérales et la plaque de fond en fonte, et l'enveloppe circulaire en tôle. Souvent aussi on supprime les coussinets de l'arbre des ailes, et on termine cet arbre par des pointes en acier qui servent de pivots. La conduite d'air doit avoir une section de très-peu plus faible que celle des ouvertures d'aspirations ; sans cela l'air refluerait par ces dernières. Pour faciliter l'écoulement du vent, on arrondit les coudes quand il est impossible de les éviter, et on emploie des bases d'un très-grand diamètre, 8 à 12 centimètres.

L'effet utile du ventilateur, tel qu'on le construit habituellement, est un peu moins

(1) Extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*.

considérable que celui des machines à piston et diminue très-rapidement à mesure que la pression augmente ; mais le peu de place qu'il occupe, et la facilité et le bas prix de son installation, l'ont fait généralement adopter et avec raison dans tous les cas où l'on n'avait pas besoin d'air sous une forte pression, comme dans les fonderies à la Wilkinson, etc.

Dans les mines, les magnaneries, les salles de réunions publiques, etc., on emploie souvent le ventilateur ; mais le plus souvent comme machine, aspirant par son centre l'air vicié des mines ou des habitations pour le rejeter au dehors dans l'atmosphère. Dans ce cas, on est généralement conduit à donner au ventilateur de plus grandes dimensions et une moindre vitesse, afin de diminuer les vibrations et le frottement de l'air contre les parois du tambour et d'augmenter par suite l'effet utile de cette machine (1).

Lorsqu'il s'agit d'établir une machine soufflante produisant un effet déterminé, la force motrice à employer est donnée en chevaux-vapeur par la formule

$$F = \frac{1}{M} \times \frac{1}{N} \times 1{,}768 \times (+0{,}0037t) \times \frac{0{,}75}{h} + h$$

$\times P$ dans laquelle : M, est le coefficient qui exprime l'effet utile de la machine motrice ; N, le coecient qui exprime l'effet utile de la machine soufflante ; et P, par le poids de l'air à lancer par minute, en kilogrammes.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'un feu d'affinerie comtois à l'air froid (*Voy.* FER), dont la soufflerie consiste en deux soufflets pyramidaux mus par une roue à augets orise en dessus ; on aura :

$m = 0{,}75.$
$m = 0{,}25.$
$t = 112.$
$h = 0{,}035.$
$P = 5^k20.$

et substituant

$$F = \frac{1}{0{,}75} \times \frac{1}{0{,}75} \times 1{,}768 \times (1 + 0{,}337 \times 12) \times \frac{0{,}035}{0{,}75 \times 0{,}035} \times 5{,}20 = 2^{\text{ ch }}14.$$

Le cours d'eau moteur doit donc avoir une force de 2 ch. 14, c'est-à-dire fournir 160 litres 1/2 par seconde, tombant de 1 m., ou plus généralement, V, étant son débit en litres par seconde, et H sa chute en mètres, on doit avoir VH, 160,50.

Si la machine soufflante était à piston et à cylindre alésé en fonte, on aurait 0,50 et E 1 ch. 07 (2).

VERNIS. — Espèces d'enduits liquides composés généralement de matières gommeuses ou résineuses, qu'on applique en couches minces à la surface des corps pour en faire ressortir les couleurs, leur donner de l'éclat, et pour les préserver de l'action des agents extérieurs.

L'art du vernisseur est très-moderne en Europe. Le lustre que le vernis donne aux ouvrages qu'il recouvre, et les qualités préservatives qu'on attribue à cette matière, ont produit, en France, une grande émulation parmi ceux qui s'occupent de rechercher les compositions des vernis, et cet art est aujourd'hui un de ceux qui ont acquis la plus grande perfection.

Comme l'objet d'un vernis est de conserver les matières qu'il recouvre, et surtout les couleurs que l'action de l'air peut faire changer, une de ses qualités principales est d'être d'une transparence parfaite, et entièrement incolore. Cette première considération doit diriger dans le choix des matériaux qu'on destine aux vernis ; mais ceux-ci doivent, en outre, se dessécher promptement, avoir de la solidité, et, dans beaucoup de circonstances, un grand éclat. Les matières employées à la composition des vernis sont ordinairement des substances solides qu'on dissout dans des liquides, afin de pouvoir les étendre sur les objets destinés à les recevoir. Ces matières sont, ainsi que nous l'avons dit plus haut, les résines, les gommes, et, en un mot, toutes substances qui, après leur dissolution, peuvent reprendre leur état solide, et remplir toutes les conditions indiquées ci-dessus. Mais on sent qu'il doit y avoir grande différence entre leur degré de bonté, par la différence des matières qui entrent dans leur composition. Cependant les vernis s'emploient dans un grand nombre de circonstances, et il en est qui favorisent plus ou moins l'emploi des uns ou des autres. Les différentes matières qui constituent les vernis les ont fait diviser en genres. A une époque où la nature de ces matières n'était pas encore parfaitement connue, on avait distingué trois sortes de vernis : ceux à l'esprit-de-vin, les vernis gras, et le vernis façon de la Chine, qui se faisait par la dissolution de l'ambre, du succin, du copal, etc. M. Tingry, dans un ouvrage qu'il a publié à Genève, a divisé les vernis en cinq genres principaux qu'il a sous-divisés par des espèces, qu'il a accompagnées d'observations sur la préparation de chacune d'elles. Le premier de ces genres contient les vernis à l'esprit-de-vin, qui sont les plus siccatifs, mais qui ont plus d'éclat que de solidité. Le second genre a pour objet les vernis à l'alcool, mais moins siccatifs et odorants que les premiers. Le troisième genre renferme les vernis à l'essence qui sont beaucoup plus solides que les premiers ; on les emploie pour les tableaux, pour broyer et détremper les couleurs ; ils sont de plus très-propres à être appliqués sur les métaux.

Le quatrième genre est formé des vernis de copal à l'éther ou à l'essence. Ce vernis est de l'invention de M. Tingry, et, par son inaltérabilité, sa dureté, la facilité de sa composition, son odeur agréable, il peut remplacer, avec de très-grands avantages, tous les autres vernis destinés à recouvrir les objet d'un certain prix. Voici

(1) *Voir*, pour le calcul des ventilateurs, le mémoire de M. Combes, *Annales des Mines*, 3e série, t. XVIII. p. 611, 1840.

(2) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

la recette que donne l'auteur de la première espèce, qui est composée de copal et d'éther.

Copal ambre. . . 1/2 once (15,28 gram).
Ether pur . . . 2 onces (61,14 id.

On réduit le copal en poudre très-fine, on l'introduit par petites parties dans le flacon qui contient l'éther, on bouche le flacon avec un bouchon de verre ou de liége, on agite le mélange pendant une demi-heure, et on le laisse en repos jusqu'au lendemain. Si, en secouant le flacon, les parois intérieures se couvrent de petites ondes; si la liqueur n'est pas très-claire, la solution n'est pas complète; on y ajoute alors un peu d'éther (3,944 gram.), et on laisse le mélange en repos. Ce vernis est d'une légère couleur citrine. L'espèce à l'essence est surtout solide et brillante : elle résiste au choc des corps durs mieux que ne le ferait une glace d'émail, et elle se polit très-bien. On l'applique, avec le plus grand avantage, sur les instruments de physique, et sur les peintures dont on décore les vases, et autres ustensiles métalliques. La cinquième espèce de ces vernis est destinée aux objets qui exigent la solidité, la souplesse et la transparence. A la suite de la description des différentes espèces de ce quatrième genre, se trouvent des observations très-détaillées et très-intéressantes sur la dissolution du copal. Dans ce genre, M. Tingry comprend les vernis gras, qui sont les plus solides de tous, mais aussi les plus longs à sécher. Cette première partie de son ouvrage est terminée par des préceptes généraux sur la préparation des vernis en grand, et par la description d'un alambic à bain-marie, dont l'usage met à l'abri des accidents qui accompagnent souvent la fabrication des vernis.

On trouve dans ce livre un art presque tout nouveau sur l'emploi des vernis de copal. Ces vernis peuvent servir d'excipient aux différentes couleurs transparentes, et faire alors l'office d'une glace sur les surfaces métalliques, unies ou guillochées. De cette manière on imite très-exactement les émaux transparents, et on peut, à l'aide de ces préparations, réparer les accidents qui peuvent arriver aux pièces émaillées, sans les remettre au feu, comme il faudrait le faire sans le secours de ces vernis. On sent facilement les nombreuses ressources que les arts peuvent retirer de l'emploi de ces vernis colorés; leur extrême solidité rend leur application d'une étendue illimitée (1).

VERNIS METALLIQUES. — Ces vernis, de l'invention de madame *Guyonne-Leroi*, sont destinés à préserver le fer et le cuivre de l'oxydation. Il est deux manières de les composer.

(1) Voy. *Bulletins de la Société d'encouragement.* — *Annales de chimie.* — Voy. aussi *Dictionnaire des découvertes.*

L'étain est le seul métal employé dans la première composition ; les doses pour les matières épuratoires sont en raison de la quantité de métal employé. On en met suffisamment pour couvrir d'environ deux lignes toute la surface en fusion. Pour les lavages on prend assez de liquide pour que la matière y baigne amplement. Les poêles à fondre l'étain doivent être assez évasés pour ne contenir que quatre pouces d'épaisseur de matière : pour la première composition on doit faire fondre l'étain, le laisser longtemps en fusion, l'écumer, le purifier et le jeter dans l'eau pour le laver ; ensuite faire fondre le même étain à vingt-quatre reprises différentes, en y projetant, chaque fois, différentes matières comme du charbon en poudre, du salpêtre raffiné, des os de sèches, et le laver aussi après chaque fusion, tantôt dans de la lessive de sarment ou dans du vinaigre, tantôt dans de l'urine, de l'eau pure ou de l'eau de chaux ; tantôt enfin dans de l'eau de miel, ou de l'eau mercurielle.

Une autre composition plus économique remplit le même objet. On la fait en prenant cinq livres d'étain, huit onces de zinc, huit onces de bismuth, huit onces de cuivre jaune en baguettes, et huit onces de salpêtre pour purifier. Ces matières s'amagalment de manière que le métal qui en résulte est dur, blanc et sonore. Le peu de cuivre qui entre dans cette composition ne produit aucun vert-de-gris, parce que le bismuth le décompose totalement. Pour appliquer ce vernis on fait chauffer les objets que l'on veut enduire, autant qu'il est possible, dans la matière même mise en fusion dans des tuyaux de tôle. On les retire lorsque la chaleur est suffisante et on répand dessus du sel ammoniac ; on les passe rapidement, couverts de ce sel, dans le vernis ; on les essuie avec des étoupes ou du coton, comme cela se pratique pour l'étamage ordinaire, et de suite l'on trempe dans l'eau le morceau enduit. *Voy.* ETAMAGE (1).

VERRE (ang. *glas*, all. *glass*). — On donne le nom de verre dans l'acception la plus générale de ce mot, à tout corps transparent, ou du moins translucide, qui est aigre, cassant et sonore aux températures ordinaires, qui devient mou et ductile, puis se fond à une température élevée, et dont enfin la cassure à froid présente un éclat particulier bien défini, connu sous le nom d'*éclat vitreux*, de *cassure vitreuse*. En industrie, on restreint cette dénomination de verre aux composés de silice, de potasse ou de soude, et de chaux ou d'oxyde de plomb, seuls ou mélangés, donnant par la fusion une masse amorphe et transparente qui ne se dissout ni dans l'eau ni dans aucun acide, l'acide hydrofluorique excepté, lorsque le verre est de bonne qualité.

D'après Pline, la découverte du verre serait due à des voyageurs phéniciens, qui s'étant par hasard servis de natron pour construire un foyer sur le sable du désert,

(1) Voy. *Bulletins de la Société d'encouragement.*

trouvèrent dans le foyer une combinaison de silicate et de soude; mais il est impossible d'admettre ce fait, qui suppose une température beaucoup plus élevée qu'elle ne pouvait l'être en pareil cas. Il est plutôt probable qu'elle est une suite des recherches de traitement des métaux par fusion, les gangues, en se liquéfiant, donnant des laitiers qui sont souvent de véritables verres. Toujours est-il certain que cette découverte est très-ancienne, car il en est parlé dans l'Ecriture Sainte : 1° dans le livre de Job, ch. XXVIII vers. 17, et 2° dans le livre des *Proverbes*, ch. XXIII, vers. 31.

Théophraste, l'an 370 avant Jésus-Christ, cite des verreries phéniciennes situées à l'embouchure du fleuve Bélus. Les Egyptiens connaissaient aussi, dès l'antiquité la plus reculée, l'art de fabriquer les verres blancs et colorés, de les tailler et de les dorer, ainsi que le prouvent les parures en verre que l'on a trouvées sur plusieurs momies venant des catacombes de Thèbes et de Memphis.

Les Romains connaissaient le verre plus de deux siècles avant Jésus-Christ ; cependant ce ne fut que sous Néron que fut établie à Rome la première verrerie, et encore ne produisit-elle d'abord que de méchants verres à boire. Sous Alexandre-Sévère, l'an 210 après Jésus-Christ, le nombre des verriers s'était tellement augmenté à Rome, qu'on crut devoir les consigner dans un quartier de la ville séparé.

Au moyen âge, Venise se distingua par ses verreries qui furent reléguées, en 1291, à deux lieues de la ville, dans la presqu'île de Morano. C'est, dit-on, dans cet endroit que l'on fabriqua les premières glaces soufflées.

C'est aussi dans le moyen âge que la fabrication du verre s'introduisit en Bohême et y acquit, grâce à l'extrême pureté des matières premières que l'on rencontre en abondance dans ce pays, une supériorité et une réputation qui se sont soutenues jusqu'à nos jours. — *Voy.* VERRE DE BOHÊME.

Nous indiquerons plus tard la composition des diverses espèces de verres en parlant de chacune d'elles ; auparavant nous allons dire quelques mots des propriétés générales du verre.

La transparence et la blancheur sont les premières qualités du verre; pour les obtenir, il faut employer des matières premières extrêmement pures, et ajouter le moins de fondants possible. Un excès de potasse donne au verre une teinte verdâtre, la soude et ses sels lui donne un teinte jaunâtre, et l'excès de chaux le rend laiteux. Une très-faible quantité de sulfate de potasse ou de soude lui donne une couleur vert-brun ou noirâtre. Le fer colore fortement en vert-bouteille, et le manganèse, employé en excès pour enlever la coloration due à l'oxyde de fer, lui donne une teinte bleue, qui devient d'un violet prononcé par l'action de la lumière solaire.

Si le minium employé dans la fabrication des cristaux renferme un peu d'oxyde de cuivre, ce qui arrive très-souvent, le cristal prend une légère teinte vert d'émeraude.

Le charbon colore les verres en jaune topaze plus ou moins foncé, allant même jusqu'au pourpre ; aussi il est impossible d'obtenir un verre parfaitement blanc dans les fours qui fument, ainsi que dans ceux que l'on chauffe avec de la tourbe, du lignite ou de la houille ; dans ce cas, pour obtenir des verres blancs, il faut employer des creusets couverts ou cornues, comme dans les cristalleries où l'on est amené à la même solution par la nécessité de soustraire le silicate de plomb au contact d'une flamme ou fumée réductrices. Il faut aussi avoir soin, en vertu de ce pouvoir colorant du charbon, lorsqu'on remplace dans la fabrication du verre les carbonates alcalins par le sulfate de soude, d'ajouter dans les creusets un peu moins de charbon, (seulement 1/12 à 1/15 du poids du sulfate) qu'il n'en faudrait pour réduire complétement le sulfate, et encore n'obtient-on en général par ce procédé que des verres communs, parce que le léger excès de sulfate de soude que l'on y laisse, bien qu'on en retire la majeure partie par l'écumage, leur donne presque toujours une teinte bien noirâtre plus ou moins prononcée.

Le verre est parfaitement élastique entre certaines limites, et en général très-sonore.

Les verres non plombeux, et surtout les verres de Bohême, sont assez durs, lorsqu'ils sont bien fabriqués, pour faire feu sous le briquet et pour ne se laisser que très-difficilement rayer par une pointe d'acier. Les verres plombeux, au contraire, ont peu de dureté, et ils en ont d'autant moins qu'ils contiennent plus d'oxyde de plomb ; aussi perdent-ils promptement leur éclat par l'usage.

Tous les verres sont plus ou moins fusibles ; lorsqu'ils sont ramollis par l'action de la chaleur, ils se travaillent avec la plus grande facilité, et peuvent se tirer en fils aussi fins que ceux d'un cocon de ver à soie.

Les verres à base de soude sont plus fusibles et plus durs que ceux à base de potasse. Le verre, lorsqu'il est soumis à un refroidissement rapide, devient très-fragile et présente divers phénomènes, qu'on a comparés à tort à la trempe de l'acier, et parmi lesquels nous citerons, par exemple, les larmes bataviques et les flacons de Bologne. Les larmes bataviques sont des gouttes de verre fondu que l'on refroidit brusquement en les laissant tomber dans l'eau, et qui ont la forme d'un ovoïde allongé en une queue qui se termine en pointe très-effilée ; lorsqu'on vient à casser le bout de la queue, toute la masse se réduit en poussière avec une légère détonation. Les flacons de Bologne sont de petits flacons refroidis brusquement et qui volent en éclats lorsqu'on agite dans l'intérieur un fragment de pierre susceptible de le rayer. Dans ces deux cas,

les molécules intérieures sont dans un état d'équilibre forcé, maintenu seulement par la solidarité de celles qui sont à la surface, et qui se trouve détruit dès l'instant où l'on produit une solution de continuité quelconque dans l'enveloppe.

On diminue l'extrême fragilité du verre en soumettant les objets fabriqués à un recuit, c'est-à-dire à un refroidissement plus ou moins lent. Les verres supportent d'autant mieux les variations de température qu'ils ont été refroidis plus lentement; aussi peut-on, lorsqu'ils ont été peu ou pas recuits, diminuer considérablement leur fragilité en les faisant tremper dans de l'eau, ou mieux dans de l'huile bouillante que l'on laisse ensuite refroidir lentement.

Tous les verres exposés pendant un temps plus ou moins long à une température assez élevée, quoique trop faible pour les fondre, perdent leur transparence, et deviennent extrêmement durs, moins fusibles et beaucoup moins fragiles qu'auparavant; ils perdent alors en général une partie de leur alcali, et se transforment presque en véritables grès cérames fins; il se passe alors un phénomène tout à fait analogue à celui que nous voyons se produire journellement par suite d'un refroidissement lent dans les laitiers de nos hauts fourneaux et surtout dans les laves volcaniques. Les verres communs et surtout les verres à bouteilles se dévitrifient beaucoup plus facilement que les verres à base de potasse et de chaux et les verres plombeux.

Quand le verre n'a point été recuit, on le coupe très-facilement en lui faisant éprouver un changement de température un peu brusque; les verriers se servent à chaque instant de cette propriété pour détacher de la canne les vases qu'ils façonnent, pour ouvrir les manchons de verre à vitres, etc. Lorsque le verre a été recuit, on le coupe avec un diamant à arêtes curvilignes.

La densité des verres varie avec leur composition comme l'indiquent les nombres suivants :

Anciens verre de Bohême (Damas),	2,396
Verre à vitre de Bohême,	2,642
Verres fins, dits cristaux de Bohême,	2,892
Verre à bouteilles,	2,732
Crownglas (verre d'optique),	2,487
Glaces coulées de Saint-Gobain,	2,488
Glaces soufflées de Cherbourg,	2,506
Glaces soufflées de Neuhaus (1830),	2,564
Flintglass (verre d'optique),	2,3, à 2,6
Cristal ordinaire à base de plomb,	2,9, à 3,3

Plus un verre est dur et infusible, moins il est altérable par l'action des agents atmosphériques et chimiques, l'acide hydrofluorique excepté. Les verres trop alcalins attirent peu à peu l'humidité de l'air, en perdant leur éclat et leur poli. Beaucoup de verres se laissent notablement attaquer par une ébullition prolongée avec de l'eau, et *a fortiori*, par les dissolutions alcalines et acides; ainsi il n'est pas rare de voir des verres à bouteilles attaqués par le tartre qui se trouve dans le vin. En général, on peut dire que tous les verres qui se laissent sensiblement attaquer, ou perdent leur poli par une ébullition prolongée avec les dissolutions concentrées d'alun, de sel marin, d'acide sulfurique ou de potasse, sont de mauvaise qualité. C'est faute d'avoir essayé les bouteilles par l'un des procédés ci-dessus que nombre de personnes perdent journellement des quantités de vins considérables.

VERRE DE BOHÊME. — Le verre de Bohême est un verre à base de potasse et de chaux, remarquable par sa beauté, sa dureté et ses autres qualités, qui lui ont fait donner le nom de *cristal de Bohême*, pour le distinguer du cristal ordinaire à base de plomb qui a un poids spécifique beaucoup plus grand et une dureté infiniment moindre.

L'analyse de ce verre conduit à des résultats compris entre les suivants :

Silice,	0,72 à	0,75
Potasse,	0,18 à	0,16
Chaux,	0,10 à	0,09
	1,00	1,00

et une petite quantité d'alumine provenant de l'action dissolvante du verre en fusion sur les fours qui le renferment.

La silice employée en Bohême pour la fabrication des verres fins est du quartz hyalin provenant en général soit de cailloux roulés dans les torrents, soit de fragments plus ou moins anguleux épars dans la terre végétale résultant de la décomposition des terrains primitifs. Le quartz le plus pur est la variété *enfumée*. On l'étonne dans des fours chauffés soit par la flamme perdue des fours de fusion, soit dans un foyer spécial. Lorsque le quartz a atteint la température rouge cerise, on le retire du four et on le jette immédiatement dans une grande cuve peu profonde, au-dessus de laquelle se trouve un robinet qui permet de renouveler continuellement l'eau et de s'opposer à son échauffement; le quartz ainsi étonné et refroidi, est trié à la main par des femmes; les fragments trop gros et trop résistants qui n'ont pas été suffisamment étonnés sont cassés en plusieurs morceaux et reportés dans le four, le reste est concassé en petits fragments et les parties parfaitement blanches sont seules employées à la fabrication des verres fins. Les fragments qui présentent la moindre trace d'oxydes métalliques sont séparés avec le plus grand soin, pulvérisés à part et mis de côté pour servir à la taille des verres. Le quartz étonné et trié est ensuite bocardé à sec; les flèches des pilons sont armées de têtes en quartz brut, et chacune d'elles tombe dans une auge hémisphérique pratiquée dans une grosse poutre en bois qui court tout le long du bocard.

La potasse qui vient de Bohême et de Hongrie est purifiée dans les usines mêmes; celle de première qualité ne coûte en Bohême que 68 francs les 100 kilogrammes.

La chaux est extrêmement pure et provient de la calcination d'un calcaire saccharoïde pur ou bleuâtre venant de Moravie ou de Bohême.

Bien que la fabrication du verre de Bohême ait lieu surtout en Bohême et aux environs de Venise, il existe actuellement en France, notamment à Walsh-Saint-Louis et Baccarat, plusieurs usines qui fabriquent des cristaux de Bohême.

Les verreries de Bohême étant exclusivement alimentées par le combustible végétal, on cherche autant que possible à les établir au milieu des forêts et sur les bords d'un cours d'eau flottable. Comme les périodes d'aménagement des forêts sont presque séculaires, il est souvent avantageux, après avoir abattu tous les bois qui environnent une usine, de la transférer dans un autre endroit où l'on retrouve un approvisionnement facile, jusqu'à ce que ce dernier soit à son tour épuisé, et ainsi de suite. Cette instabilité dans l'emplacement de la plupart des verreries a conduit à construire en bois tous les bâtiments qui renferment les fourneaux, etc.; aussi rien de plus misérable, à première vue, que l'aspect de ces usines qui semblent perdues au milieu de forêts sans fin et qui s'annoncent au loin par des tourbillons de fumée qui s'élèvent au-dessus des arbres. Il n'y a guère que les usines certaines d'un approvisionnement pour ainsi dire indéfini en combustible qui soient en partie construites en pierre.

Les verreries de Bohême se composent ordinairement de deux fours de fusion dont l'un est en feu tandis que l'autre est en réparation, de sorte qu'il y en a toujours un en activité. Lorsque l'usine fabrique des verres à vitres, elle possède un ou deux fours d'étendage placés sous un hangar particulier annexé à l'usine. Le magasin des matières premières est aussi annexé à l'usine; quant aux bocards à sec et aux fours de cuisson pour le quartz et la chaux, ils sont également annexés à l'usine lorsque la puissance du cours d'eau le permet, mais le plus souvent ils en sont séparés et placés à quelque distance, soit en amont, soit en aval; il en est de même des raffineries de verre, ateliers où l'on opère la taille et la décoration des verres.

Les fours de fusion sont elliptiques, très-petits et renferment de 7 à 8 creusets.

Les pots ont ordinairement 0m40 de diamètre intérieur à l'ouverture, et 0m35 au fond, 0m45 de profondeur, 0m03 d'épaisseur à l'ouverture et 0m04 au fond. On y charge moyennement 70 kilogrammes de matières de 15 à 20 p. 0/0, et on obtient par pot de 45 à 50 kilogrammes de verre façonné, non compris les déchets du travail même. La fonte dure de 12 à 18 heures et le travail du verre de 14 à 15 heures. Chaque four produit par semaine environ 2,000 kilogrammes de verre façonné, tandis que les fours français en produisent dans le même temps 36,000 kilogrammes.

Le mélange que l'on charge dans les pots se compose moyennement de :

Quartz étonné et pulvérisé,	100
Potasse, première qualité, calcinée,	50 à 60
Chaux calcinée,	15 à 20
Acide arsénieux,	1/4 à 1/2
Nitre,	0 à 1

et quelquefois, mais rarement, 1/16 à 1/4 de peroxyde de manganèse.

Les ouvriers de Bohême économisent le verre avec une habileté surprenante; ils le cueillent avec des cannes plus légères que les nôtres (*Voy.* Verre) et ils soufflent ordinairement la pièce creuse qu'ils veulent faire dans un moule en bois à deux compartiments, qui sont maintenus rapprochés par l'apprenti, lequel a soin de les mouiller très-fréquemment afin de prolonger leur durée en les empêchant de prendre feu.

Le recuit des verres fabriqués s'exécute en les portant encore chauds dans des pots cylindriques en argile de 0m15 d'épaisseur, ayant 0m40 de diamètre et 0m50 de profondeur, placés dans le four à recuire annexé au four de fusion. Lorsqu'un de ces pots est entièrement rempli, on le retire du four et on le laisse refroidir spontanément dans un coin de l'usine, en augmentant autant que possible la durée du refroidissement par l'addition d'un couvercle en tôle. On conçoit aisément tout ce que ce procédé a d'imparfait en comparaison des fours à recuire continus si généralement employés en France.

On fabrique aussi en Bohême une quantité considérable de verres colorés dans toute leur masse ou doublés, filigranés, dorés, argentés, décorés avec des couleurs de moufle; nous y reviendrons plus loin.

VERRES COLORÉS.— On distingue dans les verres colorés ceux qui le sont dans toute l'étendue de leur masse et ceux qui ne le sont qu'en partie.

Pour préparer les premiers, on introduit toujours la matière colorante dans le pot de verrerie.

Il n'en est pas toujours de même dans le second cas, surtout pour les couleurs les plus chères et les plus difficiles à préparer, et dans trois élaborations particulières aux verres colorés, lesquelles consistent : 1° à fabriquer des vases colorés ou incolores, avec un pied ou support de couleur différente; 2° à former les vases d'une couche intérieure de verre très-mince et fortement coloré, et d'une couche extérieure de verre blanc que l'on enlève ensuite par places par la taille, sans que pour cela l'objet cesse d'avoir une teinte uniforme; 3° à former les vases d'une manière inverse, c'est-à-dire d'une couche intérieure incolore et d'une couche extérieure plus ou moins épaisse et colorée, que l'on enlève ensuite par places, en tout ou en partie, de manière à obtenir un verre qui présente toutes les nuances de la couleur employée.

Ces deux dernières espèces de verre portent le nom de *verres doublés.*

Pour arriver à ces résultats, il suffit, dans

le premier cas, de souder le cul ou vase de verre à un boudin de verre coloré fixé à l'extrémité d'une seconde canne; puis, de séparer la pièce de la première canne et de la terminer comme à l'ordinaire. Dans le second cas, on plonge successivement la canne dans un pot de verre coloré et dans un pot de verre blanc; on fait l'inverse dans le troisième cas.

Comme nous venons de le faire remarquer, il existe certains verres colorés qui ne se préparent pas habituellement dans les pots, mais bien en pains ou rouleaux de couleur très-foncée, ayant environ 0m03 de diamètre, sur 0m30 de long. Ils sont un peu plus fusibles que le verre blanc, et préparés de manière à fondre à la température nécessaire à la fusion complète d'un mélange de 64 parties de verre incolore et de 1 partie de peroxyde de manganèse. Lorsqu'on veut se servir de ces pains de verre coloré, on en casse un morceau proportionné à la masse que l'on veut fabriquer, puis, le fixant à l'extrémité d'une canne, on le ramollit en l'introduisant dans l'embrasure du four de fusion, et on le travaille comme il a été dit ci-dessus.

Cela posé, nous pouvons passer à la description des procédés que l'on suit pour préparer les différents verres colorés.

ROUGE.—La coloration du verre en rouge s'opère de deux manières, soit par l'or, ce qui donne le rouge rubis, soit par le protoxyde de cuivre, ce qui donne le rouge ancien.

RUBIS. — La couleur rubis était déjà connue à la fin du XVIe siècle, du temps de Néri et de Kunckel. Elle ne s'emploie qu'en pains et pour la fabrication des verres doublés.

Suivant un fabricant de Riesengebirge, le verre dont on se sert pour faire les pains de couleur rubis et qui porte le nom de *schmelze*, se prépare avec :

Quartz étonné et pulvérisé,	500
Minium,	800
Nitre,	100
Potasse calcinée,	100

On fait ensuite dissoudre à chaud 1 gramme d'or fin dans 18 grammes d'eau régale; lorsque tout est dissous, on introduit la dissolution dans un vase dont la capacité est d'un litre, et on achève de le remplir d'eau régale; on verse le tout dans un second vase gradué et on l'étend de cinq fois son volume d'eau. Cela fait, on mélange intimement :

Schmelze,	152 grammes.
Borax prismatique,	88
Oxyde d'étain,	3
Oxyde d'antimoine,	3

et 1/8 de la dissolution d'or préparée comme il l'est dit ci-dessus; puis on chauffe le tout pendant 12 ou 14 heures dans un creuset ouvert placé dans un four de verrerie, et on laisse ensuite refroidir le creuset dans un four à recuire; quand il est refroidi, on le casse et on en retire la couleur.

Si l'on met plus d'acide qu'il n'est indiqué ci-dessus, on attaque un peu les creusets, mais la couleur est plus solide. Dans certains cas, au lieu de 3 grammes d'étain, on en met 2 ou 4 grammes; le premier de ces mélanges s'emploie surtout pour les grandes pièces qui doivent être longtemps travaillées au feu; le second, pour les objets minces et de faibles dimensions. L'antimoine ne paraît ici que donner plus d'éclat au verre, sans le colorer aucunement. Cependant, comme on manque quelquefois le verre rubis, soit pour l'avoir chauffé trop fort ou trop longtemps, soit pour l'avoir laissé refroidir trop brusquement, la plupart des fabricants préfèrent acheter à l'essai cette couleur toute faite à d'autres fabricants spéciaux qui ne s'occupent que de ce genre d'industrie.

D'après le directeur d'une des verreries de la Bohême, on obtient ainsi qu'il suit le plus beau verre rubis : on dissout à chaud 1 gramme d'or fin dans une eau régale composée de :

Acide hydrochlorique,	12 grammes.
Acide nitrique,	12
Sel ammoniac,	1

On dissout d'un autre côté, et également à chaud, 1 gramme d'étain dans une eau régale composée de :

Acide hydrochlorique,	6 grammes.
Acide nitrique,	20

Il va sans dire que l'or et l'étain doivent être préalablement réduits en feuilles très-minces par le battage et coupées à l'aide de ciseaux en très-petits fragments. On verse ensuite les deux dissolutions obtenues dans un grand flacon contenant déjà 500 grammes d'eau de source limpide, et on mêle intimement le tout en agitant bien le flacon, après l'avoir bouché. Le précipité de *pourpre de Cassius*, qui se forme dans la liqueur, est recueilli sur un filtre, lavé et séché avec soin.

On prépare ensuite un verre particulier en mélangeant ensemble :

Quartz étonné très-pur,	40
Nitrate de potasse,	16
Borax,	8
Acide arsénieux,	1
Crème de tartre,	1

et une quantité plus ou moins grande de pourpre de Cassius, selon que l'on veut obtenir une couleur plus ou moins foncée. Ce mélange est introduit soit dans un pot chauffé dans un four particulier, soit dans un pot de verrerie ordinaire, en ayant soin d'agiter incessamment les matières jusqu'à ce qu'elles aient atteint le rouge sombre. On recouvre alors le pot et on continue à le chauffer pendant quelque temps. Lorsque la masse est parfaitement fondue et qu'elle ne présente plus de bulles, on retire le pot et on le fait recuire; puis, lorsqu'il est entièrement refroidi, on le casse, on sépare

avec soin le verre obtenu des esquilles étrangères qu'il pourrait contenir, on le bocarde et on le tamise.

Si maintenant l'on fond ensemble, dans un petit creuset placé dans le four de verrerie, le mélange suivant :

Quartz étonné et pulvérisé,	128
Nitrate de potasse,	64
Borax,	3
Acide arsénieux,	3

et qu'ensuite on verse dans l'eau froide le verre obtenu, puis qu'on le passe au tamis, qu'on le mélange après avec le verre coloré préparé comme il a été dit ci-dessus, et qu'on le fonde enfin dans un pot de verrerie, on obtiendra un verre qui, travaillé en pièces d'une faible épaisseur, prend une belle couleur lorsqu'on l'enfume.

En général, le rubis de Bohême se prépare actuellement, ensemble :

Quartz étonné et pulvérisé,	100
Minium,	150
Potasse fine frittée,	30
Borax fondu,	20
Sulfure d'antimoine,	5
Peroxyde de manganèse,	5
Or détonant broyé avec de l'essence de térébenthine,	5

Si on met un peu plus d'or détonant, on obtient une magnifique couleur rubis.

L'or détonant ou fulminant se prépare en précipitant la dissolution d'or dans l'eau régale par un excès d'ammoniaque caustique et agitant quelque temps la liqueur. Le précipité est ensuite recueilli sur un filtre et lavé rapidement avec de l'eau bouillie et légèrement ammoniacale, puis desséché à une très-basse température. On obtient ainsi une poudre d'un jaune brun foncé, très-détonante, et dont le maniement exige beaucoup de précautions.

Bien des personnes croient que la coloration des verres par l'or est due à un sous-oxyde d'or; nous pensons au contraire avec M. Schubarth, que tous les oxydes et sels d'or sont réduits à la température à laquelle le verre se trouve soumis et que cette coloration est due à de l'or extrêmement divisé.

Rouge ancien. — Le verre coloré par le protoxyde de cuivre a une teinte extrêmement foncée, et par conséquent on le travaille presque toujours en couches très-minces, à l'état de verre doublé.

Les anciens savaient colorer le verre en rouge au moyen du protoxyde de cuivre; Néri et Kunckel en font mention dans leurs ouvrages. Cependant la tradition s'en était tellement perdue à la fin du siècle dernier, qu'on croyait généralement que tous les verres rouges étaient colorés par des préparations d'or. Ce fut seulement en 1828 que M. Engelhardt, de Zinsweiler, parvint à colorer les verres en rouge au moyen d'un mélange à parties égales de protoxydes de cuivre et d'étain, procédé qui fut employé avec succès dans une verrerie de Silésie. Actuellement on se sert d'un mélange de battitures de cuivre et d'oxyde d'étain obtenu par l'oxydation de ce dernier métal au contact de l'air, auquel on ajoute quelquefois un peu de limailles ou de battitures de fer quand on veut obtenir une teinte rouge de feu ou rouge-écarlate. Lorsque la couleur vient à passer par accident, on la fait revenir en ramenant le cuivre à l'état de protoxyde par l'addition, dans le pot de verrerie, d'un peu d'étain métallique ou de battitures de fer. Il va sans dire que le verre à colorer par le protoxyde de cuivre ne doit renfermer ni nitrate de potasse, ni aucune autre substance oxydante.

Lorsque l'on ajoute au mélange de la limaille ou des battitures de fer, on diminue la proportion de l'oxyde d'étain, qui quelquefois même disparaît entièrement, comme dans un très-beau verre rouge antique trouvé à Caprée, dans la villa de l'empereur Tibère, et qui a donné naissance à l'analyse :

Silice,	0,710
Oxyde de plomb,	0,140
Protoxyde de cuivre,	0,075
Protoxyde de fer,	0,010
Alumine,	0,025
Chaux,	0,015
	0,975

Quelquefois on se contente de colorer le verre par l'oxyde de cuivre, puis on enfume les objets fabriqués qui ne tardent pas à prendre une couleur d'un rouge foncé.

Bleu. — La couleur bleu céleste s'obtient par l'oxyde de cuivre seul; le bleu de cobalt par l'oxyde de cobalt ou le smalt.

Violet-améthyste. — Cette couleur s'obtient avec du peroxyde de manganèse mélangé d'un peu de nitre.

Jaune. — On distingue six jaunes différents qui se préparent ainsi qu'il suit : 1° *Jaune-topaze* plus ou moins foncé; il se prépare avec du poussier de charbon. 2° *Jaune d'or.* Si à une composition pour faire du violet assez foncé (coloration par le peroxyde de manganèse) on ajoute quelques kilogrammes d'oxyde de fer, on obtient un violet brun; si peu à peu on augmente la dose d'oxyde de fer, le verre passe à une couleur plus brune, puis pelure d'oignon, et enfin devient d'un assez beau jaune. C'est ainsi que l'on colore, par exemple, le verre destiné à être étiré en fils fins pour imiter l'or dans les tissus de verre. 3° *Jaune d'antimoine.* Se prépare avec un mélange de verre d'antimoine et de minium. 4° *Jaune orangé.* Se prépare avec un mélange de verre d'antimoine, de minium et d'un peu d'oxyde de fer. 5° *Jaune* particulier très-cher, qui se prépare avec le *chlorure* ou l'oxyde *d'argent*. Il est évident pour nous qu'ici la coloration est due à de l'argent métallique très-divisé; comme son pouvoir colorant est très-grand, on l'applique

en couches excessivement minces; à cet effet on divise l'oxyde ou le chlorure d'argent avec un médium, de l'argile broyée, par exemple, ou de l'oxyde de fer préparés par lévigation; on amène ce mélange à l'état de bouillie claire que l'on répand d'une manière égale au pinceau ou par immersion sur la surface du verre à colorer; puis, après avoir fait sécher, on expose la pièce à la chaleur d'une moufle qui fume, et, à la sortie de la moufle, on brosse la pièce qui se trouve colorée en un beau jaune transparent; la poudre que l'on brosse est soigneusement recueillie, car elle a encore une grande puissance colorante. On fabrique ainsi de très-beaux services de tables avec gravures en blanc qui se détachent sur un fond jaune. 6° *Jaune verdâtre*, qui produit beaucoup d'effet en plein jour, mais qui paraît d'un blanc jaunâtre sale à une lumière artificielle. Ce jaune se prépare avec l'oxyde jaune d'urane du commerce; mais comme ce dernier contient toujours des traces d'oxyde de fer, le verre jaune obtenu présente constamment dans la tranche une légère teinte verdâtre.

Vert. — On distingue quatre sortes de vert: 1° *Vert d'herbe*, qui s'obtient par le protoxyde de chrome ou un mélange de verre d'antimoine et d'oxyde de cobalt. 2° *Vert-bouteille*, qui se prépare avec l'oxyde de fer. 3° *Ancien vert-émeraude*, se prépare avec l'oxyde de cuivre mélangé d'un peu de battitures de fer. 4° *Nouveau vert-émeraude*. Cette couleur, beaucoup plus belle que la précédente, mais aussi notablement plus chère, se prépare avec un mélange d'oxydes de nickel et d'urane.

Noir. — Le noir se prépare avec un mélange à parties égales de peroxyde de manganèse, d'oxyde de cuivre et d'oxyde de cobalt; ou bien avec un mélange de battitures de fer de peroxyde de manganèse et d'oxyde de cuivre ou de cobalt.

On sait que le platine et l'iridium en poudre mélangés avec de l'émail en poudre donnent une belle couleur noire non métallique. Nous pensons qu'employés d'une manière analogue au chlorure d'or dans la préparation des verres colorés en rouge par l'or, ils donneraient de très-beaux verres noirs.

Hyacinthe. — La couleur hyacinthe s'obtient avec beaucoup d'oxyde rouge de fer ou d'oxyde de nickel.

Verres opalins. — Le verre blanc laiteux, jouant l'albâtre ou l'opale, se prépare en général comme le verre blanc fin, auquel on ajoute seulement une quantité plus ou moins grande d'os calcinés à blanc et pulvérisés (phosphate de chaux des os), selon que l'on veut obtenir un verre plus ou moins opalin. L'oxyde d'étain n'est employé que dans la fabrication des émaux, parce qu'il est beaucoup plus cher que la poudre d'os calcinés et qu'il en faut une bien plus grande quantité pour produire le même effet.

On fabrique en Bohême une grande quantité de verres opalins colorés en vert. Autrefois on les préparait en ajoutant au verre blanc un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde jaune d'urane et de battitures de fer, mais cette couleur s'altérait à la longue par l'action de la lumière solaire; on l'obtient actuellement bien plus belle et bien plus solide avec un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde de jaune d'urane et d'oxyde de nickel.

Depuis très-peu de temps, on fabrique, en Bohême et en Silésie, le verre opalin ou verre d'albâtre par un nouveau procédé aussi simple qu'ingénieux. La composition de ce verre ne diffère point de celle du verre blanc ordinaire. Aussitôt que le verre est fondu, on le puise et on l'étonne; on introduit ensuite dans le pot une nouvelle charge à laquelle on ajoute, lorsque la fusion est complète, le verre précédemment étonné et froid, ce qui refroidit la masse, et, aussitôt qu'elle est fondue, on la travaille à la température la plus basse possible; le verre reste d'un blanc laiteux, tandis que, si l'on eût donné un coup de feu et notablement plus élevé la température, le verre fût redevenu incolore et transparent.

Si dans l'opération ci-dessus le verre étonné a été primitivement coloré par de l'oxyde ou du sulfate de cuivre, le verre laiteux obtenu sera coloré en bleu-turquoise.

Hyalithe. — On donne le nom de hyalithe à un verre complétement opaque, habituellement noir, qui se distingue par une dureté et un éclat vraiment remarquables, et se marie très-bien avec l'air. On peut sans nul inconvénient l'employer à la fabrication des vases destinés à renfermer des liqueurs bouillantes, tels que théières, tasses à café, etc., sans craindre qu'il lui arrive de se rompre. On l'a fabriqué pour la première fois en 1820, dans les belles usines que M. le comte de Buguoi possède en Bohême.

Pour préparer l'hyalithe noir on ajoute aux éléments du verre blanc ordinaire un mélange de poudre d'os calcinés, de scories de forge pauvres pulvérisées, et de poussier de charbon en certains excès. Souvent il arrive que la fusion du verre n'est pas complète et qu'il est encore bulleux, parce que le mélange ou le dosage des matières n'est pas bien fait; il faut alors étonner le verre obtenu, le bocarder de nouveau et le refondre après y avoir ajouté ce qui pouvait y manquer. On peut remplacer les scories de forge par du basalte ou de la lave. Si l'on n'ajoute pas assez de charbon, le verre prend une couleur verte plus ou moins foncée, et par la taille présente des bigarrures très-régulières.

Il en est de même de l'hyalithe jaune-brun plus ou moins foncé, que l'on obtient en remplaçant les scories de forge par les scories du travail d'une galène argentifère au fourneau à manche. On obtient aussi de l'hyalithe rouge avec un mélange d'os calcinés, d'oxyde de cuivre et de charbon -

Toutes ces variétés sont susceptibles de se marbrer par la taille.

La coloration en noir de l'hyalithe peut probablement s'expliquer comme il suit : en présence d'un excès de silice l'oxyde de fer n'est pas réduit, il est seulement ramené par le charbon à l'état de protoxyde et tend à colorer le vert en vert foncé. L'excès de charbon, probablement en transformant en sulfures la faible quantité de sulfates alcalins que renfermait la potasse employée, tend de son côté à colorer le verre en jaune topaze plus ou moins foncé, passant même dans certains cas au rouge pourpre. Or, l'on sait qu'on peut obtenir du noir par le mélange du vert et du rouge; la seule difficulté consiste donc à employer des proportions convenables d'oxyde de fer et de charbon.

Si la quantité de charbon est insuffisante, il est évident, d'après ce qu'il vient d'être dit, que l'hyalithe prendra une teinte verdâtre; l'expérience prouve qu'il est alors composé de couches concentriques ayant des nuances différentes, que l'on met en évidence par la taille; doit-on attribuer la formation de ces zones, analogues à celles que présentent beaucoup de laitiers des hauts fourneaux, à une sorte de dévitrification, à une oxydation ou à une réduction, qui se propage de l'extérieur à l'intérieur pendant le travail et le recuit? — C'est ce qu'on ne saurait décider sans quelques essais qui n'ont pas été faits. Tout ce que nous venons de dire relativement à l'hyalithe noir et à l'hyalithe vert zoné, s'applique également aux autres hyalithes.

En résumé, on peut dire que l'hyalithe est propre à remplacer la porcelaine dans un grand nombre de cas, jouit de beaucoup d'éclat et est susceptible de recevoir un poli parfait. Il serait à désirer que la fabrication de ce produit s'introduisît en France, où il n'est pas connu.

Verres filigranés. — La fabrication des verres filigranés est connue depuis des siècles des Vénitiens et des Bohêmes; néanmoins leurs procédés étaient demeurés secrets, et c'est à M. Bontemps, le directeur de la cristallerie de Choisy-le-Roy, que nous avons déjà cité en parlant de la fabrication des verres d'optique, que l'on doit les essais qui firent renaître en France cette industrie. Actuellement, la fabrique de M. Nocus, à Saint-Mandé, près de Paris, et la cristallerie de Saint-Louis livrent au commerce une grande quantité de verres filigranés. Nous allons décrire la fabrication de ces verres, d'après M. Bontemps.

On donne le nom de verres filigranés à des verres dans lesquels s'enlacent mille filets de verre blanc opaque ou coloré, en affectant une foule de formes diverses, qui, bien que séparément irrégulières, présentent en général dans leur ensemble une sorte de symétrie.

Les verres filigranés sont composés d'un certain nombre d'éléments fabriqués à part; ainsi un vase quelconque est formé de vingt, de trente... baguettes juxtaposées, réunies par la chaleur du four de travail et soufflées ensuite comme une masse unique de verre. Supposons d'abord ces baguettes à filets fabriquées : nous expliquerons plus loin leur fabrication. On les place contre la paroi intérieure d'un moule cylindrique en métal ou en terre à creusets, et on les fixe au fond du moule au moyen d'une petite couche en terre molle, dans laquelle on fixe leurs extrémités; on fait chauffer ce moule auprès du four de verrerie, non jusqu'à ramollir les baguettes, mais seulement assez pour les rendre susceptibles d'être touchées par du verre chaud sans se briser; puis, avec une canne, on prend dans un creuset du verre ou du cristal transparent en petite quantité, et on souffle une petite *paraison* (c'est-à-dire une préparation de pièce) cylindrique, d'un diamètre un peu moindre que le vide que laissent entre elles les petites baguettes dans le moule; on chauffe fortement la paraison, on l'introduit dans l'intérieur du moule, et on souffle de manière à la presser contre les baguettes; on réchauffe le tout de manière à rendre l'adhérence complète et à ramollir les baguettes, puis on marbre, c'est-à-dire qu'on roule le tout sur une plaque de fonte polie; on réchauffe encore, on souffle un peu et on tranche avec *les fers* (sorte de pince) un peu au-dessus du fond, de manière à réunir les baguettes en un point central; on obtient ainsi une masse que l'on travaille comme une paraison ordinaire. Par les opérations de marbrer et de souffler, les baguettes se trouvent aplaties extérieurement et intérieurement, ce qui produit sur les dessins des filigranes les effets que nous remarquerons en parlant plus loin en détail des baguettes. Si l'on n'a donné aucun mouvement de torsion à la paraison, les dessins restent longitudinaux comme les baguettes et dans des plans passant par l'axe de la pièce; mais, si, après avoir fait adhérer les baguettes, on imprime un mouvement de rotation sur elle-même à la canne en retenant l'extrémité inférieure des baguettes avec les fers, on produit une torsion qui donne aux baguettes une direction en spirale qu'elles conservent quand on termine la pièce par les moyens ordinaires. Il est plus difficile de maintenir les baguettes dans leur position primitive, dans un plan passant par l'axe de la pièce; il faut que l'ouvrier ait la main très-légère pour qu'en modelant sa pièce il n'imprime pas près du pontil, et surtout à l'évasement de la pièce, un léger mouvement de torsion.

Après avoir indiqué de quelle manière on fabrique les pièces filigranées quand on a les baguettes qui en forment les éléments, nous allons passer à la fabrication de ces baguettes. La base de toutes est un filet simple enveloppé de verre transparent. Pour faire les filets simples, on prépare d'abord du verre blanc rendu opaque au moyen de l'oxyde d'étain. On prend au bout de la canne, dans le creuset, environ 200 grammes de verre opaque, on marbre ce verre de manière à lui former une enveloppe d'en-

viron 0m 005 d'épaisseur ; on marbre de nouveau, puis, chauffant fortement et appliquant ensuite à l'extrémité opposée à la canne un pontil garni de verre chaud, on étire ce cylindre comme un tube, jusqu'à ce que son diamètre soit réduit environ à 0m 004 ou 0m006 ; enfin, on partage cette tirée en fragments ayant ordinairement de 0m08 à 0m05 de longueur. Outre ces baguettes à filets simples, il faut aussi préparer des baguettes semblables en verre transparent.

Pour obtenir des baguettes à filets en spirales rapprochées, qui, par leur aplatissement, produisent des réseaux à mailles égales, on garnit l'intérieur d'un moule en métal ou en terre, semblable à celui dont nous avons parlé plus haut, de baguettes à filets simples alternant avec des baguettes en verre transparent, puis on prend au bout d'une canne du verre transparent dont on forme un cylindre massif qui puisse entrer dans le moule garni de baguettes et chauffé préalablement un peu au-dessous du rouge ; on chauffe fortement ce cylindre et on l'introduit dans le moule où on le refoule de manière à presser les baguettes qui adhèrent ainsi contre le verre transparent ; puis, retirant le moule, on enlève la canne et on entraîne ainsi les baguettes avec le cylindre ; on chauffe encore et on marbre pour rendre l'adhérence plus complète ; enfin, chauffant l'extrémité du cylindre, on tranche d'abord cette extrémité avec les fers, on la chauffe de nouveau, on la saisit avec une pincette ou avec les fers, et on la tire de longueur avec la main droite pendant que de la main gauche on fait tourner rapidement la canne sur les bardelles du banc de verrier. Pendant que l'extrémité de la colonne s'allonge, les filets s'enroulent en spirale autour d'elle. Quand on a amené, à l'extrémité, une baguette de la dimension voulue, environ 0m006 de diamètre, et que les filets sont suffisamment enroulés, on tranche avec la pincette, on chauffe de nouveau l'extrémité de la baguette, et, la saisissant et l'étirant pendant qu'on roule rapidement la canne, on confectionne une nouvelle baguette, et ainsi de suite, jusqu'à ce que toute la colonne soit étirée.

Pour fabriquer des baguettes qui par leur aplatissement produisent des filets en quadrilles, on place dans le moule, aux deux extrémités d'un seul diamètre, trois ou quatre baguettes à filets simples alternées avec des baguettes en verre transparent ; on garnit ensuite le reste de la capacité intérieure du moule de baguettes transparentes, afin de maintenir les baguettes à filets dans leur position, et on opère comme précédemment.

Pour obtenir des baguettes produisant, par leur aplatissement, des grains de chapelet, on fait une paraison soufflée dont on ouvre l'extrémité opposée à la canne, de manière à produire un petit cylindre ouvert ; on l'aplatit afin de ne donner passage qu'à des baguettes, et on introduit dans le fourreau ainsi formé quatre, cinq ou six baguettes à filets simples, alternées avec des baguettes de verre transparent ; on réchauffe, on ferme l'extrémité opposée à la canne, puis on presse sur la paraison plate, tandis qu'un aide aspire l'air de la canne de manière à le faire sortir de la paraison et à produire un massif plat dans lequel sont logés les filets. On rapporte successivement une petite masse de verre chaud transparent sur chacune des parties plates de la paraison, et on marbre pour cylindrer la masse : on obtient ainsi une petite colonne dans l'intérieur de laquelle sont rangés, sur un même diamètre, les filets opaques ; on procède ensuite pour les baguettes précédentes en chauffant et étirant l'extrémité pendant qu'on roule rapidement la canne sur les bardelles. Par ce mouvement de torsion, la ligne des filets se présente alternativement de face et de profil, et produit les grains de chapelet.

Il arrive souvent que l'on combine ces grains avec les quadrilles des baguettes précédentes, en introduisant dans le *moule* préparé pour les baguettes à quadrilles, le cylindre préparé pour les grains de chapelet. Du reste, les combinaisons que nous venons d'indiquer mettent sur la voie d'une foule d'autres que le verrier peut opérer.

Quelquefois on ménage, au centre d'une des baguettes, un filet en zigzag, ordinairement coloré : pour cela on prépare un premier cylindre massif en verre transparent d'un diamètre moitié de celui que l'on veut étirer, et on fait adhérer le long d'une des arêtes de ce cylindre une petite baguette colorée ; on recouvre le tout d'une nouvelle couche de verre transparent d'épaisseur suffisante pour produire le cylindre destiné à entrer dans le moule des baguettes à filets. La petite colonne colorée, n'étant pas au centre du cylindre, tournera en spirale autour de ce centre par le mouvement d'étirage et de torsion, et produira un zigzag par l'aplatissement

Parmi les pièces de Venise, et ce sont peut-être les plus remarquables, il en est qui présentent un réseau de filets simples à mailles égales dont chacune renferme une bulle d'air : ce genre est le plus difficile à produire ; on y parvient, toutefois, en soufflant une première paraison à filets simples tordus, puis une deuxième paraison à filets simples tordus en sens inverse ; on ouvre l'une de ces paraisons et on y introduit l'autre de manière à les faire adhérer ; les filets se croisent alors et produisent des mailles qui sont égales si les paraisons ont été bien préparées. Si le verre opaque est dur, les cannelures produites par les baguettes se maintiennent à un certain degré quand on souffle la paraison ; ces cannelures tordues en sens inverse venant à se croiser quand on engage l'une des paraisons dans l'autre, une bulle d'air restera renfermée dans chaque maille quand les deux paraisons seront réunies ; on termine ensuite la pièce comme à l'ordinaire.

VERRES MOSAIQUES.—Indépendamment des verres filigranés, les anciens, les Vénitiens et les Allemands ont fabriqué, par des procédés analogues, des verres mosaïques plus connus sous le nom de *millefori*. Voici, également d'après M. Bontemps, la manière d'opérer :

Les éléments, au lieu d'être des baguettes, sont des tronçons de baguettes dont la section présente des étoiles ou autres formes symétriques composées de plusieurs couleurs; par exemple, on forme, au bout d'une canne, un petit cylindre en verre rouge massif autour duquel on applique cinq ou six cueillages de verre bleu turquoise qu'on façonne avec une pincette. Pour former des ailes prismatiques triangulaires dont la base est sur le cylindre rouge, puis on remplit les intervalles entre ces ailes avec du verre d'une autre couleur, soit blanc opaque ou jaune; on marbre et on entoure le tout d'une couche de verre de couleur transparente, soit violet clair; on peut ensuite introduire cette colonne dans un moule garni intérieurement de baguettes d'une autre couleur, soit blanc opaque, qui, par leur section feront un tour de perles blanches. Enfin, quand on a composé la colonne comme on le désire, on la chauffe fortement et on l'étire à la grosseur de 0m010 à 0m012; on peut faire varier à l'infini les formes et les couleurs des sections. On tranche ensuite les colonnettes en tronçons d'environ 0m010 de longueur, et c'est avec ces tronçons qu'on compose les pièces mosaïques ou milleflori; pour cela on garnit de tronçons l'intérieur d'un moule, et l'on fait chauffer au rouge brun, puis on souffle une paraison à laquelle on donne à peu près la forme du moule; on la réchauffe et on l'engage dans le moule, de manière à faire adhérer les tronçons contre la paraison; on réchauffe de nouveau, on souffle, on marbre, et on opère enfin par les moyens ordinaires.

Une méthode préférable consiste à faire une paraison dont on fait revenir intérieurement le fond vers la canne, de telle sorte que cette paraison, étant détachée de la canne, présente une ouverture circulaire composée de deux parois concentriques; on laisse refroidir, puis, on introduit entre ces parois des tronçons de baguettes afin de remplir autant que possible tout le vide; on réchauffe peu à peu cette paraison, on prépare une canne dont l'extrémité est garnie d'un disque de verre chaud qui n'intercepte pas le trou de la canne, on adapte ce disque contre le bord supérieur et on aspire par la canne l'air renfermé entre les tronçons et les parois de la paraison; enfin, prenant une autre canne préparée de la même manière, on l'applique contre le côté opposé de la paraison que l'on détache de la première canne : l'intérieur du fond rentré formera alors l'intérieur de la paraison que l'on souffle avec la deuxième canne, et que l'on travaille par les procédés ordinaires.

Nous n'avons pas cru pouvoir mieux faire que d'extraire du *Dictionnaire des Arts et Manufactures* les trois articles que l'on vient de lire. Ils sont dus à M. P. Debette auquel ses nombreuses études dans les principales usines de l'Europe, et des travaux pleins de science et de justes appréciations, assurent en ces matières une grande autorité.

VERRES DE MONTRE. — Les verres de montre ordinaires se fabriquent en soufflant des boules ou globes de verres, de diamètre et d'épaisseur variables, suivant la convexité et l'épaisseur des verres que l'on veut fabriquer; puis, promenant autour d'un verre modèle que l'on applique sur la boule refroidie, le tuyau d'une pipe de terre rougi au feu ; il suffit ensuite du plus léger choc pour détacher le verre que l'on achève après sur une meule. Les verres chevés pour montres plates se préparent différemment : on commence par tailler les verres comme précédemment, puis on les pose sur des mandrins en fonte, courts cylindres qui ont leur base supérieure façonnée en forme de globe très-aplati ; on met le tout dans un four à réverbère, où le feu est conduit de telle sorte que le verre se ramollisse et s'applique exactement sur le mandrin en s'affaissant sur lui-même; on l'éloigne ensuite peu à peu du feu, et, lorsque le tout est lentement refroidi, on enlève le verre. Il faut ensuite polir avec le rouge d'Angleterre comme pour les verres d'optique, puis en amincir et réparer les bords sur la meule.

Pour les verres de montre ordinaires, on se sert généralement de verres durs; ceux de Bohême à base de potasse et de chaux, sont très-estimés; on en fabrique dans le pays d'immenses quantités, dont une grande partie s'importe en France par contrebande. Les verres chevés, au contraire, sont ordinairement fabriqués avec des verres peu dévitrifiables et très-fusibles, c'est-à-dire avec des cristaux ou verres à base d'oxyde de plomb.

VERRES D'OPTIQUE. — Les verres d'optique sont de deux espèces, le verre plombeux très-réfringent ou *flint-glass* et le verre non plombeux ou *crown-glass*. La fabrication de ces verres, bien exempts de stries et bien homogènes, offre de grandes difficultés. C'est M. Guinand père qui parvint à les lever en grande partie par le brassage de la matière en fusion au moyen d'un outil de la même matière que le creuset. Il fit un cylindre creux en terre réfractaire de la hauteur du creuset, fermé par son extrémité inférieure, ouvert par le haut; ayant un rebord plat de quelques centimètres. Il introduisait dans le verre fondu ce cylindre préalablement chauffé au rouge blanc, puis, au moyen d'une longue barre de fer coudée à angle droit sur une longueur de quelques centimètres qu'il engageait dans le cylindre en terre, il brassait le verre en imprimant à la barre un mouvement horizontal de rotation.

MM. Guinand fils et Bontemps, directeur de la cristallerie de Choisy-le-Roi, ont per-

fectionné les procédés de M. Guinand père et ont remporté, en 1840, les deux prix de 6,000 francs proposés par la *Société d'encouragement* pour la fabrication du crown-glass et du flint-glass. Tout le monde a pu admirer à la dernière exposition les belles lentilles qu'ils avaient soumises à l'examen du jury.

Le flint-glass et le crown-glass se fabriquent dans un creuset couvert, analogue à ceux des cristalleries et pouvant recevoir une charge de 150 à 250 kil. placés dans un four rond.

Passons maintenant aux détails de fabrication.

Flint-glass. — La composition du mélange pour le flint-glass est la suivante :

	Bontemps.	Guinand
Sable siliceux blanc,	261	225
Minium,	261	225
Potasse première qualité,	60	52
Borax,	18	4
Nitre,	»	3
Manganèse,	»	1
Acide arsénieux,	»	1
Debris des opérations précédentes,	»	899

Voici comment s'opère la fonte du flint-glass d'après M. Bontemps :

On chauffe d'abord le creuset (ce creuset ne sert que pour une seule opération) à part dans un four spécialement consacré à cet usage, et, quand il est arrivé au rouge blanc, on l'introduit dans le four de fusion également chauffé. On réchauffe ensuite le four ; au bout de deux ou trois heures il est assez chaud pour qu'on puisse commencer l'enfournement ; on débouche alors la gueule du creuset qui est garnie de deux couvercles pour qu'il ne puisse pas s'y introduire de fumée, et on charge environ 10 kil. de composition ; une heure après on en enfourne de nouveau 20 kil. ; deux heures après 40 kil. ; à chaque fois on rebouche le creuset avec le plus grand soin, et on observe de n'enfourner que lorsque le charbon que l'on a chargé sur la grille ne donne plus de fumée. Au bout de huit à dix heures l'enfournement est terminé ; on laisse le creuset environ quatre heures sans l'ouvrir, puis on ôte les couvercles pour y introduire le cylindre en terre préalablement chauffé à part au rouge blanc. A ce moment le flint-glass est fondu, mais la masse est encore bouillonneuse ; néanmoins, on met une barre à crochet dans le cylindre ; on fait un premier brassage qui sert à enverrer le cylindre et à opérer déjà un mélange plus intime des matières ; au bout de trois minutes environ la barre est au rouge blanc ; on l'ôte et on pose le bord du cylindre sur le bord du creuset ; ce cylindre, étant spécifiquement moins pesant que le verre, flotte légèrement incliné, parce que son bord supérieur fait saillie au-dessus du bain. On remet les deux couvercles disposés de manière à ne pas repousser le bord du cylindre dans le verre, et on recommence à attiser le feu. Cinq heures après, on fait un nouveau brassage d'un crochet, et ainsi de suite, d'heure en heure, en ayant soin de ne faire chaque brassage qu'avec absence de fumée dans le four. Après six brassages, on fait un tise froid, c'est-à-dire qu'on met 0m25 à 0m30 d'épaisseur de houille sur la grille, ce qui forme une masse promptement réduite en coke, qui permet de refroidir peu à peu le fond et le creuset ; cette opération tend à faire monter les bulles qui ne sont pas encore dégagées. Au bout de deux heures on remet le four en pleine fonte ; cinq heures après le verre a pris la plus grande liquidité et les bulles ont disparu ; on bouche alors exactement les grilles par-dessous, et on commence le grand brassage, c'est-à-dire qu'aussitôt qu'une barre à crochet est chaude, on lui en substitue une autre, et ainsi de suite pendant environ deux heures. Au bout de ce temps la matière a pris une certaine consistance et le brassage ne se fait plus que difficilement ; on ôte alors la dernière barre à crochet, on sort le cylindre en terre du creuset, que l'on bouche bien hermétiquement, ainsi que les cheminées et les ouvreaux, sauf un petit trou de 2 centimètres pour donner issue aux gaz qui peuvent encore se trouver dans le combustible, et qu'on ferme aussitôt que tout dégagement gazeux a cessé. On laisse ainsi le four se refroidir spontanément, ce qui dure huit jours ; et on enlève alors la porte du four, on extrait le creuset avec son contenu qui y est attaché ordinairement en une seule masse, sauf quelques fragments qui se détachent autour du creuset ; on traite ensuite cette masse et ces fragments comme nous l'indiquerons plus loin.

Crown-glass. — La composition employée pour la composition du crown-glass est.

	Bontemps.		Guinand.
	1840	1846	1840
Sable siliceux blanc,	360	360	400
Carbonate de potasse,	105	»	160
Carbonate de soude,	60	150	»
Carbonate de chaux,	45	84	»
Borax,	»	»	20
Minium,	»	»	20
Peroxyde de manganèse,	»	»	1
Arsenic,	3	6	»

La différence essentielle entre ces deux fabricants, comme on le voit, c'est que le crown-glass de l'un est un silicate à base de chaux et de potasse ou de soude, tandis que le crown-glass de l'autre est un boro-silicate de potasse et de plomb. M. Bontemps a reconnu que l'on obtient des crown-glass moins hygrométriques en remplaçant dans les compositions qu'il indique, en tout ou en partie, le carbonate de soude par du borate de soude.

Le creuset ayant été mis dans le four comme pour le flint-glass, on complète l'enfournement de toute la matière en huit heures environ, puis, quatre à cinq heures après, on introduit le cylindre en terre réfractaire, et on fait toutes les deux heures un brassage d'une seule barre ; on fait ensuite un tise froid de deux heures, puis on réchauffe pendant sept heures, ce verre re-

prenant beaucoup plus difficilement sa chaleur que le flint-glass, et on fait le grand brassage qui dure une heure un quart ; on bouche le creuset, les cheminées et les ouvreaux comme pour le flint-glass, et on laisse refroidir. Assez ordinairement on obtient une masse et quelques fragments.

Quand la masse du creuset a été recuite d'une seule pièce, qu'il s'agit de crown-glass et de flint-glass et qu'on n'a besoin que de petits disques, on la brise avec une masse en fer, puis on examine les fragments en y taillant, au besoin, des faces parallèles; après avoir mis de côté ceux qui présentent des défauts, tels que des stries ou des nébulosités, on commence par former avec les autres, par le ramollissage dans une sorte de moufle, des plaques à peu près carrées qu'on divise ensuite au diamant, en petits carrés, après les avoir recuites ; on ramollit de nouveau ces petits carrés et on les moule dans un moule à pince, en cuivre ou en fer. S'il s'agit de faire de grands disques, on prend un fragment reconnu sans défauts, ayant le poids du disque que l'on veut produire, et on le ramollit au feu de moufle dans un cercle de diamètre voulu, en ayant soin de ne donner que le feu nécessaire pour que le verre remplisse le cercle, et en facilitant même ce ramollissage par la pression d'outils. Quand on veut faire de très-grands disques avec une masse dont on a examiné l'intérieur, on divise cette masse à la scie pour avoir le moins possible de déchets (1).

VERRES D'OPTIQUE (MACHINE PROPRE A POLIR LES). — La matière dont on se sert pour *doucir* (2) les verres est l'*émeri ;* et pour les polir on emploie ou de l'émeri très-fin, ou quelque oxyde métallique, et principalement de l'oxyde d'étain. Ces matières, en polissant le verre, l'entament et le rayent, et l'art de l'ouvrier consiste à croiser ces raies dans tous les sens possible, et à les détruire, pour ainsi dire les unes par les autres. L'ouvrier doit encore avoir un autre soin, c'est d'appuyer également sur toute la surface du verre afin de ne point altérer sa forme. Ainsi il faut qu'une machine destinée à polir le verre puisse imprimer, soit au verre, soit au *bassin* ou *polissoir* (3), des mouvements assez variés pour imiter le travail de la main, et que tous ces mouvements ne tendent pas à détruire la forme précédemment donnée au verre. La machine à polir les verres, de l'invention de M. Tournant, ressemble par ses parties principales à un *tour en l'air*, et elle se meut, comme lui, au moyen d'une pédale. La roue du tour est en plomb; le prolongement de son axe est carré, afin d'y pouvoir arrêter une poulie que l'on fixe, à la distance convenable, au moyen d'une vis à oreille. L'arbre du tour soutenu sur les deux poupées porte également à son extrémité, qui est aussi carrée, une poulie. Cette extrémité de l'arbre est percée dans le centre, et reçoit une vis à tête, qui arrête la poulie contre une embase faisant partie de l'arbre; une corde sans fin passe sur les deux poulies dont il est parlé ci-dessus. La pédale, communiquant par une corde à la roue de plomb, la met en mouvement; cette roue fait tourner la première poulie, et celle-ci fait tourner la seconde, qui est attachée à l'extrémité de l'arbre du tour. C'est à l'autre extrémité de cet arbre que le verre ou le bassin sont fixés dans une monture en cuivre. Ainsi, ce verre ou ce bassin reçoivent par là un mouvement circulaire. La roue de plomb a quatre rayons. Sur l'un de ces rayons est placée une manivelle doublement coudée et ayant la forme d'un Z. Elle est en fer, et fixée sur une pièce de fer carrée, qui peut glisser le long du rayon au moyen d'une vis de rappel, et que l'on arrête à la distance convenable du centre, par une vis à tête perdue. La corde qui tient à la pédale est accrochée à la première partie de la manivelle au moyen d'une espèce d'anneau formé par une lame de cuivre ployée. A l'autre partie de la manivelle est suspendue aussi, par un semblable anneau, une chaîne flexible, vers le milieu de laquelle est la monture qui contient le *bassin* ou *pressoir*. Ce bassin est élevé et abaissé avec le rayon de la roue qui porte la manivelle. Lorsque ce rayon est horizontal, le centre du bassin correspond à celui du verre ou de l'arbre du tour. Ainsi, le bassin déborde le verre, soit en montant, soit en descendant, d'une quantité égale à la distance qui existe entre la seconde partie de la manivelle et le centre de la roue; cette quantité peut devenir plus ou moins grande, au moyen de la vis de rappel. On voit que le même mouvement qui fait tourner le verre fait monter et descendre le bassin, en sorte que les petites parties d'émeri ou d'oxyde d'étain tracent sur le verre une foule de courbes qui, se croisent dans tous les sens, produisant le même effet que le travail de la main. La portion de la manivelle décrit autour du centre de la roue de plomb un cercle dont le rayon est égal à la distance ; conséquemment elle s'éloigne autant à droite et à gauche de ce centre, qu'elle s'élève ou s'abaisse au-dessus ou au-dessous. Il suit de là que le bassin attaché à la chaîne a non-seulement un mouvement d'ascension et de descension, mais qu'il est encore porté à droite et à gauche, si, pour éviter un mouvement superflu, on ne fait glisser la monture qui porte le bassin entre deux jumelles en bois; et, comme il y a des montures de divers diamètres, les jumelles peuvent s'éloigner ou se rapprocher l'une de l'autre, au moyen d'une vis. Le polissoir, suspendu au-

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et manufactures.*

(2) On appelle *doucir* les verres d'optique, leur donner la forme qu'ils doivent avoir, et les mettre en état de recevoir le poli.

(3) Le *bassin* est le moule auquel on a donné la forme que le verre doit avoir : il est ordinairement en cuivre ou en laiton. On met de l'émeri entre lui et le verre; on use le verre en le tournant dans tous les sens et on lui donne ainsi la même courbure qu'au bassin. Lorsque le verre a pris la forme convenable, on le polit en interposant entre lui et le bassin des matières extrêmement ténues; alors le bassin prend communément le nom de *polissoir.*

devant du verre est pressé contre lui afin que les matières destinées à polir le verre puissent l'user convenablement. Pour cela, on met d'abord au bas de la chaîne flexible un poids qui glisse dans une coulisse pratiquée à l'extrémité de la pédale, et qui par sa position tend à appliquer le polissoir contre le verre.

Mais comme ce moyen n'est pas suffisant, on fait appuyer directement le polissoir contre le verre de la manière suivante : dans la pièce de bois qui tient à l'établi, est placée une équerre en bois, mobile autour d'une broche ; à l'extrémité de la branche verticale est une longue tige aussi en bois, terminée par une pointe en fer qui entre dans une petite cavité formée au centre de la monture. Cette tige est mobile autour du point. A l'autre branche de l'équerre est un poids dont on augmente ou on diminue l'effet, selon qu'on l'éloigne ou qu'on le rapproche du sommet de l'équerre ; ce poids fait appuyer la tige contre le polissoir, et conséquemment celui-ci contre le verre. La chaîne flexible est faite avec un ressort de pendule, ou bien avec du fil de fer. Dans sa partie supérieure il y a une vis de rappel qui sert à placer le centre de l'anneau qui porte le polissoir précisément au-devant de celui du verre. Il y a encore dans la partie inférieure de la chaîne une autre vis de rappel au moyen de laquelle le poids qui est à l'extrémité de la chaîne est mis à une distance convenable pour être toujours contenu dans la coulisse de la pédale. Enfin, la monture en cuivre suspendue vers le milieu de la chaîne flexible, est un anneau à oreille fait en cuivre, dans lequel on ajuste le bassin ou le polissoir, selon que l'on veut *doucir* ou *polir* le verre. Pour polir un verre, il est nécessaire que l'arbre du tour tourne très-lentement, et pour cela il faut que la poulie portée sur l'arbre de la roue de plomb soit d'un très-petit diamètre, tandis que celle de l'arbre de tour est beaucoup plus grande : il arrive alors que, tandis que le verre fait un tour, le polissoir monte ou descend sept ou huit fois. Pour doucir le verre, ou pour obtenir, pour quelque objet que ce soit, un mouvement rapide, on emploie des poulies d'un tout autre diamètre. Les procédés employés par l'auteur pour former des polissoirs d'une forme parfaite sont les suivants : il se sert indistinctement de deux méthodes. — 1° On colle sur le verre qui doit être poli un papier-très fin ; on en colle un semblable dans le bassin qui a servi à doucir ce verre, c'est-à-dire à lui donner la courbure qu'il doit conserver (on suppose que le verre est convexe et le bassin concave, mais il en est de même dans le cas contraire). Par cette opération la surface convexe est un peu étendue, et celle concave un peu diminuée. On frotte ensuite ces deux surfaces l'une contre l'autre, jusqu'à ce que le grain du papier soit usé par l'émeri à demi fin que l'on a répandu entre elles en très-petite quantité : après quoi on ôte le papier collé sur le verre ; on souffle, on brosse, on essuie celui qui est dans le bassin, et l'on y répand un peu d'émeri très-fin et propre à polir. Cet émeri s'obtient en en agitant une certaine quantité dans de l'eau, et en ne prenant que celui qui y reste suspendu après un long repos. — 2° L'autre méthode, que l'auteur préfère à la première, consiste à avoir un bassin de fer ou de tôle épaisse enduit d'un ciment mou, suivant la saison (en hiver, la poix pure peut être employée sans addition). On fait chauffer ce bassin, et l'on y applique une feuille de papier dont le grain a été usé préalablement avec une pierre ponce. Ce papier, un peu plus large que le bassin, se colle sur le ciment ; on en replie le bord en dehors, et on le retient par un cercle formé d'un ressort de pendule, que l'on serre au moyen d'une vis. En cet état, après avoir donné une faible chaleur au verre, on le place dans le bassin, et l'on force le ciment à prendre la véritable forme du verre, en appuyant celui-ci au moyen d'une petite presse que l'on serre de temps en temps. Ces procédés sont, ainsi que la machine, très-propres à porter la perfection dans le travail du polissage des verres d'optique. Cette machine a de plus l'avantage de rendre le travail fort rapide, en permettant de polir plusieurs verres à la fois. Pour cela, on enchâsse, dans un ciment qui puisse devenir très-solide, plusieurs verres de même convexité, et on les arrange de manière à faire faire à leur surface partie de la surface d'une même sphère : on place ensuite cette réunion de verres sur l'arbre du tour, comme si c'était un seul grand verre ; on suspend à la chaîne un bassin ou polissoir également grand et d'une courbure convenable ; et, par le mouvement de la machine, tous les verres se polissent à la fois. Enfin l'on voit que par l'emploi de cette machine il est facile de *doucir* et de *polir* des verres et des miroirs d'optique de toutes les grandeurs. (*Bulletin de la Société d'encouragement* [1]).

VERT DE SCHWEINFURTH. — Le vert de Schweinfurth, dit M. Rouget de Lisle, est une d'arsenic et d'acétate de cuivre. Aussi quand combinaison on pense que cette couleur est un poison violent et qu'on peut compromettre sa santé en la préparant et en l'employant, on ne devrait pas sans doute l'adopter ; cependant nous ne possédons aucune couleur verte aussi vive et aussi brillante ; cette couleur, d'ailleurs, est nécessaire pour composer une table chromatique et voilà pourquoi nous décrivons sa fabrication, tout en gémissant que la chimie moderne n'ait point encore découvert une couleur aussi séduisante, plus solide et surtout moins dangereuse..

Prenez 9 à 10 kilog. d'arsenic blanc en poudre, 14 seaux d'eau de rivière que vous faites bouillir dans un vase de cuivre. Lorsque l'eau bouillonne, jetez-y l'arsenic et faites

(1) La description de cette ingénieuse et utile machine est empruntée au *Dictionnaire des Découvertes*.

bouillir fortement pendant trois quarts d'heure jusqu'à ce que l'arsenic soit bien fondu, versez bien vite dans le liquide environ 10 kilog. de verdet raffiné; ôtez promptement la chaudière de dessus le feu, et versez le liquide dans un tonneau en bois, puis ajoutez au mélange environ 500 grammes de potasse. Couvrez ensuite le tonneau, et, au bout d'une heure ou de deux heures, versez le produit sur une toile, et laissez sécher.

Pour composer un autre vert de Schweinfurth il ne faut pas employer de potasse; seulement, enlevez promptement le mélange de de dessus le feu, remuez et mettez sur toile, en ajoutant après le verdet la quantité de spath en poudre que vous voudrez. (Extrait d'une note remise par M. Wingens, fabricant de couleurs.)

On peut encore employer les procédés dus à MM. Braconnot et Liebig, et qui sont publiés dans le *Traité de la peinture*, par Mérimée, page 197. Mais le procédé donné par M. Wingens nous paraît le plus simple et le plus expéditif (1).

VINAIGRE DE BOIS. *Voy.* ACIDE PYROLIGNEUX.

Z

ZINC (angl. *zinc*, allem. *zink*).— Le zinc est devenu aujourd'hui d'un emploi si général et si utile soit dans les arts, soit dans l'industrie, soit dans l'économie domestique, que nous croyons devoir un peu nous étendre sur ce qui peut avoir rapport à ce métal devenu précieux. Pour remplir ce but, nous croyons ne pouvoir mieux faire que de citer M. Debette, auquel ses connaissances scientifiques et pratiques, les précieuses observations qu'il a faites dans ses nombreux voyages, ont acquis dans la science une légitime autorité (2).

« Bien que le zinc soit un métal qui entre dans des alliages que l'on savait préparer depuis une haute antiquité au moyen de ses minerais, dit M. Debette, il n'est connu à l'état de métal que depuis le siècle dernier, et ce n'est même que depuis peu d'années que son emploi s'est considérablement répandu dans les arts, soit pour la fabrication du fer galvanisé, soit à l'état de feuilles pour les toitures et autres usages, soit dans les objets d'ornements dorés ou non, fabriqués au banc à tirer ou par le moulage. Depuis longtemps on s'en sert pour la fabrication du laiton et autres alliages analogues. Son oxyde commence à être employé au lieu et place de la céruse pour la peinture, et la remplacera certainement tout à fait pour cet usage dans un temps donné; enfin son sulfate est employé en médecine, dans la fabrication de quelques vernis, etc. Le zinc est un métal d'un blanc bleuâtre, ayant presque la teinte du plomb. Sa cassure est cristalline à grandes lames; à froid, il se gerce en même temps qu'il s'aplatit sous le choc du marteau; mais quand il est chauffé de 120 à 150 degrés, il devient très-malléable, et est alors susceptible d'être réduit en feuilles très-minces au laminoir et de s'étirer en fils extrêmement déliés à la filière; à une température plus élevée, de 250 à 300°, il devient cassant au point que l'on peut alors le pulvériser. Il a peu de ténacité et se rompt sous une charge de 4 kilogrammes environ par centimètre carré de section; il est mou, mais moins que le plomb et l'étain, et graisse la lime. Il est peu sonore : sa dilatation linéaire est de 1/340 de 0,100°. Sa densité varie, pour les échantillons du commerce, de 6, 9 à 7, 2. Il a une odeur et une saveur sensibles, quoique faibles. Il fond à 360°, et se distille à la chaleur blanche. Il s'allie facilement avec la plupart des métaux. A la température ordinaire le zinc s'altère peu dans l'air sec, mais dans l'air humide, il ne tarde pas à se couvrir d'une couche de sous-oxyde grisâtre qui forme vernis à la surface, de sorte que l'altération marche ensuite avec une lenteur extrême, comme le prouve la durée des feuilles de zinc employées pour toitures. Fondu, il s'oxyde très-rapidement à l'air; quand il est très-chaud, il s'enflamme comme un bain de graisse; ses vapeurs brûlent dans l'air avec une flamme blanche des plus éclatantes; l'oxyde qui résulte de cette combustion se dépose sur les corps environnants sous la forme de houppes cotonneuses, légères, du plus beau blanc, ce qui les a fait désigner sous les noms de *laine philosophique*, *fleur de zinc*, *pompholix*. L'oxyde de zinc en suspension dans l'air sèche la gorge et laisse dans la bouche une saveur sucrée, mais il n'est ni dangereux ni incommode.

« Le zinc décompose facilement l'eau à l'aide de la chaleur; au rouge sombre cette action est si vive qu'en jetant de l'eau sur du zinc fondu il y a explosion. Il est attaquable par les acides les plus faibles, même par les acides organiques et l'acide carbonique. Les alcalis caustiques l'oxydent et le dissolvent également en présence de l'eau. Il résulte de cette grande affinité pour l'oxygène que le zinc métallique réduit un grand nombre d'oxydes métalliques, et même de composés du même ordre, tels que les sulfures, chlorures, etc., par voie sèche et par voie humide

« *Oxyde de zinc.* — L'oxyde de zinc pur est parfaitement blanc, il est inodore, insipide et insoluble dans l'eau; il est également infusible et fixe. Lorsqu'on le chauffe au chalumeau, après l'avoir humecté de nitrate de cobalt, il se colore en vert (*vert de Rinmay*) ; à l'état d'hydrate, il se dissout aisément dans les solutions alcalines causti-

(1) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

(2) Extrait du *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

ques, dans l'ammoniaque et dans le carbonate d'ammoniaque.

« L'oxyde de zinc est composé de :

Zinc	0,80	Z n O.
Oxygène	0,20	
	1,00	

« Son hydrate renferme 0,1829 ou un équivalent d'eau.

« *Sels de zinc.* — Les sels de zinc sont incolores, presque tous solubles dans l'eau, l'ammoniaque, le carbonate d'ammoniaque et les alcalis caustiques. Ils ne sont pas vénéneux. Ils sont précipités en blanc par les alcalis et leurs carbonates ; le précipité est soluble dans les alcalis caustiques, l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque, et insoluble dans les carbonates alcalins. Le prussiate jaune y forme un précipité blanc insoluble dans les acides; le prussiate rouge, un précipité jaune orangé ; les succinates, benzoates et chromates alcalins ne les troublent pas.

« *Sulfure de zinc.*—Le sulfure artificiel pur est blanc. Il est à peu près infusible et susceptible de former avec l'oxyde des oxysulfures plus fusibles que le grillage décomposé complétement. La chaleur seule ne l'altère pas ; il se grille très-aisément. Le charbon le réduit au blanc ; il se dégage du sulfure de carbone, et le zinc réduit se volatilise. Il est très-facilement attaqué par l'acide nitrique, et beaucoup plus difficilement par les acides hydrochlorique et sulfurique. On le prépare en chauffant au blanc du sulfate de zinc anhydre dans un creuset brasqué ; on le purifie ensuite en le traitant par de l'acide hydrochlorique, qui dissout tout l'oxyde qu'il pourrait renfermer et seulement très-peu de sulfure. Il renferme :

Zinc	0,667. .	100	Z. n S
Soufre. . . .	0,333. .	50	
	1,000		

« *Sulfate de zinc.* — Le sulfate de zinc, aussi connu sous le nom de *vitriol blanc*, cristallise ordinairement en prismes à quatre pans terminés par des pyramides quadrangulaires ; il est soluble dans quatre parties d'eau froide, et fond dans son eau de cristallisation qu'il perd au rouge naissant avec une partie de son acide ; il se décompose au blanc avec dégagement d'acide sulfureux. Le charbon le réduit facilement. Il renferme, à l'état anhydre :

Acide sulfurique. . . .	0,50	Z n O, SO3
Oxyde de zinc	0,50	

« Il contient ordinairement 0,365 ou cinq atomes d'eau de cristallisation, mais il peut aussi cristalliser avec un, deux et sept atomes d'eau.

« Le sulfate de zinc est employé dans la fabrication de quelques vernis, pour rendre l'huile de lin siccative dans l'impression sur étoffes, et dans la médecine, soit comme vomitif (actuellement remplacé par l'émétique), soit contre les ulcérations des gencives, dans le scorbut, etc.

« On prépare en grand, surtout près de Gaslar, dans le Hartz, par un grillage, à une basse température, du sulfure de zinc ou *blende*, lessivant la blende grillée, faisant évaporer et cristalliser les eaux de lavage. On le trouve dans le commerce en masses cristallines d'un blanc brunâtre contenant encore une notable quantité de sulfate de fer. Pour le purifier, on le dissout dans une faible portion d'eau chaude, on fait bouillir avec un peu de nitre pour peroxyder le fer, puis on fait bouillir avec de l'oxyde de zinc qui précipite le peroxyde de fer et entre en dissolution à sa place; on filtre chaud et on laisse cristalliser par refroidissement. On peut aussi le préparer directement par la dissolution du métal dans l'acide sulfurique, mais il revient alors à un prix plus élevé.

« *Chlorure, bromure, iodure de zinc.*—Ces composés sont tous incolores, déliquescents, très-fusibles, volatils et susceptibles d'être distillés au rouge.

« *Carbonate de zinc.* — Se trouve dans la nature. — Artificiellement on ne parvient qu'à obtenir un hydro-carbonate ou sous-carbonate hydraté blanc très-léger.

« ALLIAGES. — Les principaux alliages de zinc employés dans les arts, sont :

« Les alliages de cuivre et zinc, ou *laiton.*

« Les alliages de cuivre, plomb et zinc.

« Les alliages de zinc, étain, durcis par un peu d'antimoine et qui remplacent avantageusement le bronze pour coussinets, etc., comme étant moins chers, plus durables et grippant moins par le frottement.

« Les alliages de cuivre, zinc et nickel, connus sous les noms de *maillechort* et *packfong*, *argenten.*

« MINERAIS DE ZINC. — Bien que les minéraux qui renferment du zinc soient assez nombreux, il n'en est que trois qui soient assez abondants dans la nature, et encore un d'eux, le silicate, ne peut il servir à la fabrication du zinc.

« *Calamine, carbonate de zinc anhydre.* — La calamine est le plus abondant des minerais de zinc, et jusqu'à ces dernières années, presque exclusivement le seul employé à la fabrication du zinc métallique ou du laiton. Les cristaux blancs ou jaunâtres, demi-transparents ou opaques, dérivent d'un rhomboèdre sous l'angle de 107°40 ; ils ont un éclat vitreux et perlé. La calamine est très-souvent en masses compactes, souvent mélangées d'une grande quantité d'oxyde de fer hydraté ou de carbonate de chaux magnésifère, ce qui fait qu'elle est souvent colorée en jaune, en brun, et même en rouge, et qu'au premier abord on la prenait pour du minerai de fer. Sa densité = 4,442 ; elle se dissout avec effervescence dans les acides. Elle se dissout également dans l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque.

« Ce minerai se trouve toujours en amas à la séparation des terrains de transition et des terrains secondaires, ordinairement dans

des calcaires très-magnésiens. Les principaux gîtes sont : ceux situés entre Liége et Aix-la-Chapelle, qui alimentent les usines de la Vieille et de la Nouvelle Montagne, de Stolberg, de Corfali, etc.; et ceux situés entre Benthen et Tarnowitz, qui alimentent les nombreuses usines de la haute Silésie.

« *Silicate de zinc.* — Le silicate de zinc accompagne fréquemment en préparation assez notable le carbonate, soit à l'état de silicate anhydre, soit surtout à celui de silicate hydraté; il cristallise en prismes et se distingue, en outre de la calamine, en ce qu'il laisse un résidu de silice dans les acides forts, et qu'il est irréductible par le charbon, ce qui fait qu'il ne peut être employé à la fabrication du zinc.

« *Blende. — Sulfure de zinc.* — La blende est un minéral d'un aspect très-varié; la plus pure est d'un jaune de soufre et transparente, mais le plus souvent elle est d'un brun rouge ou verdâtre, et même noire, tantôt translucide et tantôt opaque, jouissant fréquemment d'un éclat très-vif; sa cassure est lamelleuse, fibreuse ou grenue; elle est dure et fragile; sa densité varie de 3, 8 à 40; elle est souvent cristallisée en tétraèdre, octaèdre ou dodécaèdre rhomboïdaux. Elle renferme presque toujours une certaine quantité de sulfure de fer à l'état de combinaison. Elle est infusible et peut être transformée complétement en oxyde par le grillage.

« La blende est une substance de filon qui accompagne ordinairement le sulfure de plomb, mais qui se trouve aussi en filons isolés. On l'exploite dans quelques localités pour la fabrication du zinc et notamment : sur les bords du Rhin à Linz et Antonins; en Belgique, à Corfali; dans les Grisons; et à Vienne, dans le département de l'Isère.

« *Cadmies.* — Dans certains hauts fourneaux qui traitent des minerais de fer zincifères, il se forme près du gueulard des dépôts verdâtres connus sous le nom de *tuties* ou *cadmies*, qui sont presque exclusivement composés d'oxyde de zinc coloré par un peu d'oxyde de fer. On s'en sert quelquefois pour la fabrication du zinc et pour celle du laiton. »

ZINC (Blanc de) ou Oxyde de zinc. — Tout le monde sait que la peinture à l'huile dans l'intérieur des bâtiments cause souvent des maladies funestes, entre autres celle connue sous le nom de *colique des peintres* : ces maladies ont été attribuées avec juste raison aux miasmes émanés du plomb et de ses différentes compositions. Depuis longtemps effectivement on a reconnu que la préparation des blancs de plomb donne naissance à des vapeurs qui deviennent mortelles pour les ouvriers qui les manipulent. C'était donc une œuvre de haute philanthropie que de rechercher une substance qui réunît la salubrité dans son emploi, aux avantages de brillant et de solidité des préparations à base de plomb. Le célèbre Guyton de Morveau s'était occupé de cette recherche avec succès, mais ce n'est que plus tard que cette belle découverte a pu être exploitée en grand, et donner les résultats que l'on était en droit d'en attendre. Le rapport suivant, fait par M. Chevallier à la *Société d'encouragement*, au nom du Comité des arts chimiques, sur la substitution du *blanc de zinc* et des *couleurs à base de zinc* au blanc de plomb et aux couleurs à base de plomb et de cuivre, par M. Leclaire, entrepreneur de peintures, mettra le lecteur au courant de toutes les phases qu'à parcourues cette utile découverte, et lui retracera mieux que nous ne saurions le faire les efforts et les recherches qu'ont dû faire les hommes de la science ou de la pratique pour atteindre leur but philanthropique.

« Voici, dit M. Chevallier, l'exposé des faits contenus dans le mémoire de M. Leclaire.

« M. Leclaire, frappé des nombreux accidents qui atteignent les ouvriers cérusiers, les ouvriers qui travaillent à la peinture, s'est occupé de rechercher quelles seraient les substances inoffensives que l'on pourrait employer dans les arts et dans l'industrie pour remplacer le carbonate de plomb, la *céruse*. Son attention s'étant portée sur l'oxyde de zinc, il fit des essais dès 1825; mais ce n'est qu'en 1844, et après de nombreuses expériences, qu'il parvint à reconnaître que cet oxyde, préparé d'après certains procédés, offrait, pour la peinture, tous les avantages désirables et qui sont les suivants :

« Obtention de tons frais, d'*une blancheur éclatante, tons qui ne sont point altérés par les vapeurs hydrosulfurées*, qui, comme on le sait, noircissent les peintures au blanc de plomb.

« M. Leclaire, après avoir reconnu les avantages qui résultent de l'emploi de l'oxyde de zinc, s'est occupé : 1° de la préparation d'une huile siccative qui ne dût pas ses propriétés au plomb; il y est parvenu en faisant usage de l'oxyde de manganèse : 2° de la préparation des couleurs que l'on peut obtenir avec le zinc, en excluant de ces couleurs les préparations plombiques.

« Cet industriel dit qu'à partir de 1845, il a appliqué de mille à douze cents fois son procédé de peinture, soit sur des maisons entières, soit sur des parties de maison, que cinquante entrepreneurs de ses confrères ont aussi fait usage de la peinture à l'oxyde de zinc, de façon que cette nouvelle peinture a été appliquée dans plus de deux mille maisons ou édifices publics.

« M. Leclaire termine son mémoire en établissant : 1° que ceux qui, avant lui, s'étaient occupés de l'application de l'oxyde de zinc avaient laissé beaucoup à faire, puisque, la découverte faite, il n'y a pas eu d'application suivie de cette découverte; 2° qu'il a fabriqué le premier le blanc de zinc sur une large échelle par des procédés de son invention, procédés qui lui permettent de livrer cet oxyde au même prix que la céruse, 3° que l'emploi de l'oxyde de zinc, celui de la peinture préparée avec cet

oxyde n'offrent aucun danger pour es ouvriers; 4° qu'il a trouvé le moyen d'obtenir une huile siccative dans la préparation de laquelle il n'entre pas de plomb; 5° qu'il est parvenu à préparer une série de couleurs inoffensives, inaltérables aux vapeurs hydrosulfurées, couleurs qui sont destinées à remplacer avec avantage, dans la peinture historique et industrielle, les couleurs à base de plomb et de cuivre.

« Avant de vous faire son rapport, le Comité des arts chimiques a cru devoir faire procéder à des expériences, visiter des maisons peintes au blanc de zinc, consulter les documents fournis par les personnes qui ont fait usage de cet oxyde. Nous allons successivement vous faire connaître ce qui est résulté de nos investigations; mais avant tout, nous pensons qu'il est convenable d'établir, le plus succinctement possible, quel était l'état de la question lorsque M. Leclaire a cru devoir s'en occuper.

« M. Leclaire, nous devons le dire, en prenant ses brevets à fait connaître : 1° que *Guyton de Morveau*; 2° qu'*Atkinson*, s'étaient occupés de la préparation du blanc de zinc.

« L'idée d'employer 1° l'oxyde de zinc, 2° le carbonate de ce métal dans l'art de la peinture n'est pas nouvelle. En effet, on sait que, dès 1780, *Courtois*, attaché au laboratoire de l'Académie de Dijon, présenta à cette compagnie, par l'intermédiaire de *Guyton de Morveau*, du blanc de zinc qui avait la propriété d'être inaltérable. Plus tard, en 1789, Guyton de Morveau publia, dans les Mémoires de l'Académie de Dijon, une dissertation sur le blanc de zinc, dissertation qui fut reproduite dans les *Nouvelles de la république des lettres et arts*, et dans l'*Encyclopédie méthodique* (*arts et sciences*), t. VI, p. 146. Dans cette dissertation, Guyton après avoir démontré que la céruse devrait être abandonnée, et par mesure d'hygiène et parce que les peintures à la céruse poussent au noir, fait connaître : 1° les expériences qu'il a faites sur diverses préparations de couleurs blanches, la *sélénite*, le *spath pesant*, le *borate de chaux*, le *tartrate de chaux*, le *saccharate de chaux* (1), l'*oxalate de chaux*, les *sulfates de plomb* et *de bismuth*, préparations qui ne présentent aucun avantage, si ce n'est le *tartrate de chaux*, pour la préparation des couleurs blanches. 2° Les essais qu'il a faits sur les *oxydes d'étain*, d'*antimoine*, *de bismuth*, de *manganèse*, de *zinc*, ont fait connaître que l'oxyde d'étain et celui de zinc pouvaient être employés dans la peinture; il dit que, pour obtenir ce dernier oxyde, il a fait usage des dissolutions de zinc et des alcalis caustiques et effervescents (carbonates alcalins) de la calcination du métal, soit seul, soit avec le nitre, de la calcination du métal dans un creuset posé horizontalement dans l'échancrure d'un fourneau à réverbère, prenant les fleurs de zinc produites, les passant à l'eau pour séparer le métal non oxydé, broyant ensuite l'oxyde avec un peu d'alumine, de craie ou *guhr blanc*.

« Guyton dit que, plus tard, considérant le procédé de la calcination à l'aide du creuset comme imparfait, pénible et même dangereux pour les ouvriers, il proposa un appareil tout différent établi sur de nouveaux principes et qui a été exécuté avec le plus grand succès.

« Par des expériences faites dans une séance publique présidée par M. le prince de Condé, Guyton fit constater que des peintures exécutées avec le *tartrate de chaux*, le *blanc d'étain*, le *blanc de zinc*, qui avaient été exposées au contact de l'hydrogène sulfuré, n'avaient pas sensiblement changé de couleur.

« Le prix du blanc de zinc, à cette époque, était de 12 fr. le kilogramme pour la première qualité, de 8 et 9 fr. pour la seconde.

« Le blanc de zinc fournissant des couleurs moins siccatives que la céruse, Guyton conseillait d'ajouter à la peinture un peu de sulfate de zinc calciné, ce qui lui donnait la propriété de sécher.

« L'application du blanc de zinc à la peinture fut, dès sa découverte, le sujet d'observations critiques; ces critiques furent réfutées par M. *Vincent-Montpetit*, dans un travail intitulé : *Observations sur le zinc proposé dans la peinture intérieure des appartements au lieu du blanc de plomb*. Ce travail fut le sujet d'un rapport favorable de MM. *Mauduit*, *Bossut*, *Cherpitel* et *Antoine*, membres de l'Académie royale d'architecture, qui avaient été chargés par l'Académie, le 13 mars 1786 de l'examen de ce travail.

« Plus tard, Guyton de Morveau fut forcé de s'occuper encore du blanc de zinc; un étranger, M. *Atkinson*, de Harrington, près Liverpool, prit, le 8 mars 1796, une patente pour l'application du blanc de zinc comme succédané du blanc de plomb; Guyton réclama, dans les *Annales des Arts et Manufactures*, rédigées par O'Reilly, la priorité de cette application. Dans sa réclamation, Guyton établit; 1° que la fabrication du blanc de zinc, ainsi qu'il l'avait indiquée en 1781, n'était pas un simple aperçu, mais un acte sérieux; que le citoyen *Courtois* en avait entrepris la fabrication en grand, qu'elle était en pleine activité; qu'il y avait magasin ouvert à Dijon et à Paris; que des avis imprimés furent distribués et affichés avec la permission de M. *Lenoir*, alors lieutenant de police; que des détails sur la fabrication et sur l'emploi du blanc de zinc avaient été, en outre, insérés dans le *Journal de Paris* et dans les *Petites-Affiches*: 2° que le blanc de zinc avait été employé à la peinture de divers ta-

(1) Guyton de Morveau désigne ce produit sous le nom de *saccharate calcaire*, ou *chaux sucrée*.

bleaux, que les artistes ont déclaré n'avoir employé que du blanc de zinc *pour rompre* les autres couleurs; un de ces tableaux était dû au pinceau de M. *Vincent-Montpetit.*

« Guyton, dans sa réclamation, parlait du fourneau qu'il avait employé et dont les dessins accompagnaient la description des arts qui traitent du zinc, dans ses cours publics à Dijon, et plus tard dans ses leçons à l'Ecole polytechnique. Il fait aussi connaître les difficultés qu'il rencontra lorsqu'il voulut faire l'application de l'oxyde de zinc à la peinture; on reprochait alors à cette peinture :

« 1° De ne pas sécher aussi vite que celle à la céruse;

« 2° De ne presenter aucun avantage sous le rapport de la salubrité;

« 3° De ne pas couvrir comme la peinture à la céruse.

« Des essais furent alors faits sur quelques panneaux intérieurs du vaisseau le *Languedoc*, par une commission chargée d'examiner la question de la peinture au blanc de zinc. Le rapport de cette commission, composée de MM. *Lapoterie, Sané, Fraboulet, Guignan*, le comte *de Bruyères*, rapport qui porte la date du 18 novembre 1786, établit :

« 1° Que la peinture au blanc de zinc a donné un blanc assez beau, un peu moins vif que celle à la céruse (1);

« 2° Que, dans sa fraîcheur, cette peinture avait une odeur moins forte et moins désagréable que celle au plomb;

« 3° Que la dessiccation n'a été complète que le sixième jour, celle du plomb le quatrième (2);

« 4° Que 8 onces (250 *grammes*) de blanc de zinc, qui ont pris un poids égal d'huile de noix, ont couvert une surface d'un peu plus de 36 pieds carrés (3 *mètres cubes* 798); que 8 onces (250 *grammes*) de céruse, qui ont pris 3 onces (96 *grammes*) d'huile, n'ont couvert que 15 pieds carrés (1 *mètre cube* 572); d'où il suit que malgré le haut prix du blanc de zinc, qui coûterait 4 livres 10 sous (4 *fr.* 50) la livre, il n'y avait de différence réelle, par toise carrée (3 *mètres cubes* 798), que 8 sous (40 *centimes*) à 34 sous (1 *fr.* 70).

« Copie du rapport de la commission fut envoyée à Guyton par M. le maréchal de Castries, alors ministre de la marine; ce ministre exprimait, lors de cet envoi, le désir qu'il avait de voir adopter la peinture au blanc de zinc dans l'intérieur des vaisseaux.

(1) Il paraît que le blanc de zinc fabriqué à cette époque n'était pas aussi beau que celui qu'on obtient actuellement.

(2) On sait que M. Leclaire ajoute à la peinture un siccatif énergique, l'huile préparée au manganèse.

« La différence du prix établie dans le rapport fut encore levée par Guyton de Morveau, qui envoya au ministre une pièce par laquelle il s'engageait à livrer le blanc de zinc au prix de 1 fr. 25, à partir du jour où il lui en serait fait une commande de 6,000 livres.

« Guyton fait connaître encore que le blanc de zinc en trochisques, de la fabrique du sieur *Courtois*, de Dijon, fut vendu par des marchands de couleurs sous le nom de *blanc d'argent*, au prix de 75 centimes les 32 grammes.

« Guyton de Morveau adressa, le 28 pluviôse an XI, au citoyen O'Reilly, un mémoire sur le moyen d'employer le blanc de zinc.

« Dans un rapport fait à l'Institut national, en 1808, par MM. *Fourcroy, Berthollet* et *Vauquelin*, rapport relatif à la fabrique de M. *Mollerat*, on trouve le passage suivant :

Parmi les produits de l'établissement de M. Mollerat figure le blanc de zinc, *dont on ne saurait trop recommander l'emploi; les défauts qu'on lui reproche sont si peu de chose, auprès des inconvénients que présente l'emploi du blanc de plomb, qu'on ne peut raisonnablement se refuser à l'adopter, au moins pour la peinture en bâtiments. A l'avantage de la salubrité il réunit ceux-ci : les teintes qu'il donne sont plus pures, plus nettes; son éclat, s'il est moins vif, ne se ternit point; à quantités égales, il couvre plus de superficie que le carbonate de plomb. Il est vrai qu'il ne foisonne pas assez sous le pinceau; mais on y remédie en chargeant le pinceau plus souvent, ou en donnant une couche de plus aux ouvrages. Si les particuliers qui font décorer leurs appartements pouvaient bien se pénétrer du danger que présente l'emploi du blanc de plomb, il n'y a point de doute qu'on n'en restreignît l'usage; mais on se prémunit rarement contre un danger que l'on ne connaît pas, et que l'on regarde comme incertain et éloigné. Il est cependant bien prouvé que beaucoup de maladies, dont il est souvent difficile d'assigner les causes, peuvent être occasionnées par les émanations du plomb, toujours nuisibles à la santé. On doit savoir gré à MM. Mollerat d'avoir dirigé leurs travaux sur un objet d'un si grand intérêt* (1).

« Si l'on examine ce qui s'est passé depuis 1808, on voit que, malgré toutes les démarches faites par Guyton de Morveau en 1786, puis en 1802; que, malgré le rapport de Fourcroy, de Berthollet et de Vauquelin, la peinture au blanc de zinc n'a pas eu d'application suivie en France : cela résulte des faits, qui démontrent qu'elle était entièrement abandonnée lorsque M. Leclaire s'occupa de nouveau de son application.

« Le blanc de zinc a été employé dans la

(1) Nous pourrions citer, à l'appui du dire des savants, qui ont été nos maîtres, la mort du docteur Corsin, qui succomba pour avoir voulu trop tôt habiter les pièces qu'il avait fait peindre.

peinture pour le tableau. M. *Duval-Lecamus*, en 1821, sur la demande de M. *Lassaigne*, fit le portrait de ce savant, portrait qui fut exécuté avec le blanc de zinc préparé par M. Lassaigne; ce tableau que nous avons eu entre les mains, et que nous avons fait voir à divers artistes, a conservé dans les *tons blancs toute sa vivacité et toute sa fraîcheur*.

« Nous devons dire que l'on a aussi indiqué sous le nom de *blanc de zinc* le carbonate de ce métal.

« Ainsi Gray (*Traité pratique de chimie*, 1829, t. III, p. 23) dit que le blanc de zinc, (*zinc white*) *carbonate de zinc*, se prépare en versant du carbonate d'ammoniaque dans le sulfate de zinc, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité, lavant et faisant sécher.

« Selon l'auteur, ce sel est employé comme couleur; mais il ne couvre pas aussi bien que le blanc de plomb.

« Herman (*Bulletin des sciences technologiques de France*, t. VII, p. 295) indique la préparation d'un blanc de zinc qui n'est autre chose que le carbonate de ce métal.

« En septembre 1844, M. Mathieu a adressé à l'Académie des sciences une *Note sur l'oxyde de zinc*, produit qu'il obtient, dit-il, dans un grand état de pureté, de beaucoup supérieur aux oxydes fournis par le commerce. Ce produit est obtenu par un procédé beaucoup moins coûteux; mais M. Mathieu ne fait pas connaître ce procédé; seulement il insiste sur l'importance de l'économie qui doit résulter du nouveau mode, en faisant remarquer que l'oxyde de zinc paraît destiné à remplacer, avant peu, le blanc de plomb dans beaucoup d'applications, et avec d'autant plus d'avantage qu'il ne compromet pas la santé des ouvriers employés à le préparer. (*Comptes rendus*, année 1844, 2e semestre, séance du 9 septembre 1844 [1])

« Là se bornent les faits relatifs au blanc de zinc et à son application à la peinture qui sont arrivés à la connaissance du Comité (2).

« Nous allons maintenant vous faire connaître le résultat des travaux entrepris par M. Leclaire.

« M. Leclaire, pour obtenir l'oxyde de zinc en grand, a fait établir dans les environs de Paris, un four dit *silésien*, pour recevoir dix cornues. Un système de grattoirs dégage régulièrement la bouche des cornues; devant cette bouche est une très-petite chambre qu'on désigne par le nom de *guérite*, dont le plancher est mobile, et dont la porte ouvre dans la pièce où est le four; au-dessus de la guérite est un conduit communiquant avec la partie supérieure des chambres dites de *condensation*, qui sont placées à droite et à gauche du four, et qui descendent plus bas que le sol de la chambre du four.

« Un puissant système d'appel est appliqué à l'extrémité d'une série de toiles destinées à condenser et à recueillir l'oxyde de zinc; dans le plancher des chambres sont pratiquées des trémies à travers lesquelles l'oxyde de zinc tombe dans des tonneaux.

« *Fabrication*. — Quand le four est porté à un degré de température suffisant, on ouvre la porte de la guérite, on introduit le zinc dans la cornue, on ferme la porte, on la lute, on relève le plancher mobile sur la guérite, et l'on met ainsi en communication la cornue avec la partie inférieure de la chambre de condensation; la combustion du zinc commence immédiatement pour ne s'arrêter que lorsque le métal est *brûlé*.

« L'air s'élève de la partie inférieure de la chambre de condensation, et l'oxygène se combine avec le métal enflammé à la bouche de la cornue; l'oxyde ainsi formé tombe par la trappe, ou est entraîné par la cheminée d'appel à travers le tuyau placé au-dessus des guérites, et va tomber par les trémies, au-dessous desquelles sont des tonneaux pour recueillir l'oxyde de zinc

« On sait que l'on trouve, dans le commerce, 1° *de la céruse*, 2° *du blanc d'argent*.

(1) Après avoir signalé tous les avantages que présente, sous le rapport de l'hygiène, la substitution des composés zinciques aux composés plombiques, dans la peinture, M. Gaultier de Claubry indique une application d'une très-haute importance qui faciliterait singulièrement cette substitution, en même temps qu'elle réaliserait une des grandes modifications que l'on peut attendre des mécaniques, par l'emploi des forces électriques en remplacement de la vapeur. En effet, on a déjà appliqué très-utilement la force motrice provenant des actions galvaniques, et l'on peut citer particulièrement, à cet égard, M. Froment, qui fait mouvoir plusieurs machines de ses ateliers au moyen de courants électriques; mais le prix élevé auquel revient cette force ne s'abaisserait au point convenable que si les dissolutions de zinc trouvaient des applications importantes. Il serait donc à désirer que l'on parvînt à faire servir le carbonate ou l'oxyde de zinc obtenu par le moyen de ces dissolutions à la peinture, puisque l'on aurait, par là, déterminé l'extension de l'emploi des forces électriques. (*Annales d'hygiène publique*.)

(2) Lors de la lecture de ce rapport, notre honorable collègue M. Jomard nous fit connaître que le savant *Conté* s'était occupé de l'application de la peinture au blanc de zinc. A l'appui de cette assertion on trouve, dans une notice sur Conté, insérée dans l'*Athenæum*, janvier 1806, le passage suivant : *Conté s'occupait aussi de joindre à sa manufacture un nouveau genre de couleur pour la peinture à l'huile, la miniature et le lavis. M. Fourcroy a publié les avantages de ces couleurs, dans un rapport* sur le progrès des arts, fait à la tribune de la Convention pendant la révolution. Les couleurs de Conté sont inattaquables par les agents connus. Le BLANC MÊME, qui fait le désespoir des artistes, a résisté, depuis vingt-cinq ans, à toutes les influences de la lumière et aux variations de l'atmosphère, sans rien perdre de sa pureté.

Conté, appelé, avec d'autres savants, à faire partie de l'expédition d'Egypte, n'a pu mettre la dernière main à cette entreprise précieuse, réclamée avec impatience par ceux qui connaissaient ses travaux.

M. Leclaire, par suite de l'examen des procédés de fabrication de l'oxyde de zinc, est parvenu à faire : 1° de *l'oxyde de zinc blanc et léger*, 2° de *l'oxyde de zinc plus blanc encore ;* il a donné à ce dernier le nom de *blanc de neige*. Ce *blanc de neige* peut d'autant mieux servir à remplacer le *blanc d'argent*, que Guyton de Morveau s'est assuré que très-anciennement on remplaçait le produit plombique, connu sous le nom de *blanc d'argent*, par du blanc de zinc réduit en trochisques. A l'aide des appareils de M. Leclaire, on peut fabriquer par jour, avec deux fours, 6,000 kilogr. d'oxyde de zinc, et cet oxyde est livré au commerce au prix de 70 à 75 francs les 100 kilogr.

« La peinture au blanc de zinc n'offre pas plus de difficultés dans son application que la peinture au blanc de céruse ; le blanc de zinc se mêle parfaitement à l'huile sans qu'il soit nécessaire d'employer le broiement, et on doit procéder de la manière suivante :

« On prend le blanc de zinc, l'huile et l'essence : quand on en ajoute à la peinture, on mêle, on laisse en contact pendant six minutes ; on délaye avec une brosse, et on fait passer à travers un tamis.

« Le blanc de zinc, et les couleurs ayant cet acide pour base s'emploient à l'huile, soit pour les tableaux, soit pour le bâtiment ; on peut s'en servir pour les *peintures à la colle, au vernis*, pour l'*aquarelle*, la *gouache*, le *lavis*. On peut aussi se servir du blanc de zinc : 1° *pour la fabrication de papiers lissés*, pour *la fabrication des cartes* dites *de porcelaine*, destinées à remplacer les mêmes cartes fabriquées avec le blanc de plomb ; 2° pour *préparer un mastic destiné au lutage des machines à vapeur ;* 3° pour *préparer un blanc de fard*, coloré par le carmin : il est probable qu'on pourra en faire usage *dans la préparation des dentelles* dites *de Bruxelles*.

« Le blanc de zinc peut être mêlé à diverses couleurs peu altérables, les oxydes de fer, le charbon, l'oxyde de manganèse, l'outremer, etc., etc., et fournir des couleurs composées qui ne sont pas susceptibles de varier de ton, ce qui, comme on le sait, présente de très-grands avantages dans l'art de la peinture.

« Les couleurs blanches préparées à l'oxyde de zinc, les couleurs grises qui participent de cet oxyde ne sont pas, comme les couleurs à la céruse, altérées par les vapeurs hydrosulfurées ; les essais que nous avons faits et répétés nous ont convaincus, ce que déjà l'on savait, que les peintures au zinc pourraient être appliquées dans les cabinets où l'on administre des bains de Barréges, dans les cabinets où sont les fosses d'aisances, et que les couleurs ne changent pas de nature, comme cela arrive avec le plomb.

« La commission, voulant s'assurer de la facile application des couleurs au zinc, s'est adressée à M. Chérot, et elle lui a fait exécuter divers travaux avec la peinture à la colle et avec la peinture à l'huile.

« Les couleurs employées par M. Chérot, et qui nous avaient été fournies par M. Leclaire s'élevaient au nombre de quatorze ; leur emploi a démontré : 1° qu'on pouvait, avec la plus grande facilité, s'en servir *pour la peinture à l'huile, pour la peinture à la colle, qu'on pouvait les mêler à d'autres couleurs ;* 2° que ces couleurs, employées seules, ne changent pas de ton ; 3° que, soumises à l'action de l'acide hydrosulfurique, elle ne *poussaient pas au noir*.

« Ces essais ont été faits et répétés ; ils ont été complétés par une expérience qui a démontré que la peinture au zinc pouvait être employée, de même que le *minium* et la *mine orange*, pour peindre les objets exécutés en fer et les soustraire à l'oxydation.

« Dans d'autres expériences, des croquis exécutés par M. Chérot l'ont été moitié en se servant du blanc de zinc, moitié en employant la céruse ; on a vu, comme on devait s'y attendre, que les croquis mixtes, exposés aux vapeurs hydrosulfurées, noircissaient dans les parties peintes au blanc de plomb, tandis qu'elles ne changeaient pas dans les parties exécutées avec l'oxyde de zinc.

« Ces derniers essais ont été faits en présence d'une commission du *Comité central des artistes :* ce Comité, voulant faire des essais sur l'application du blanc de zinc à la peinture artistique, avait désiré voir quelques expériences ; nous avons cru remplir le but que se propose la *Société d'encouragement* en faisant connaître à ce Comité les avantages que présente l'oxyde de zinc employé dans les arts.

« M. Leclaire a indiqué un mode de préparation d'une huile siccative qui ne participe pas du plomb, et pour cela, il a eu recours à l'oxyde de manganèse ; il prend 2 parties d'huile de lin épurée et cuite, 10 parties de peroxyde de manganèse du commerce concassé ; il fait cuire pendant six à huit heures en ayant soin d'agiter le mélange ; on suspend ensuite le feu, on laisse refroidir et on filtre ; l'huile ainsi préparée est un très-bon siccatif. M. Thévenin, à qui l'un de nous a remis de cette huile, nous a dit en avoir tiré un très-bon parti dans la peinture artistique.

« M. Leclaire s'est occupé de la préparation de diverses couleurs à base de zinc destinées à être appliquées à la peinture artistique et à la peinture en bâtiments ; les couleurs qu'il a obtenues jusqu'à présent sont :

« 1° Le *jaune bouton d'or*, 2° le *jaune nuance citron*, 3° le *jaune pâle*, 4° le *jaune de baryte*, 5° le *vert anglais foncé*, 6° le *vert anglais clair*, 7° le *vert milori*, 8° la *terre verte*.

« Dans des pièces communiquées à votre rapporteur, M. Leclaire fait connaître les modes qu'il a suivis pour obtenir ces diverses couleurs.

« Quelques personnes avaient dit à votre rapporteur que la peinture au blanc de zinc serait plus coûteuse et moins solide (1) que celle au blanc de plomb. Nous avons pu nous convaincre que cette assertion est inexacte; le résultat des expériences a démontré que la peinture au blanc de zinc a l'avantage d'être salubre et économique.

« D'autres avaient avancé que cette peinture ne pouvait soutenir la comparaison avec la peinture à la céruse; nous avons dû examiner ce qu'on devait penser de ce dire, visiter divers appartements où des peintures avaient été exécutées au blanc de zinc. — Nous nous sommes présentés : 1° au ministère des travaux publics, et nous avons visité l'appartement de feu M. Legrand; 2° à l'hôtel du comte de Marcillac, rue Saint-Dominique-Saint-Germain; 3° chez M. de Mongeon, place Saint-Sulpice; 4° enfin carrefour de l'Odéon, n° 10.

« Nous devons dire que les résultats obtenus par M. Leclaire nous ont paru des plus positifs. Nous avons ensuite consulté les lettres écrites, les attestations données par diverses personnes, des artistes peintres, des architectes, des ingénieurs, des inspecteurs de bâtiments. Ces pièces sont des plus satisfaisantes.

« Dans un passage de son Mémoire adressé à la *Société d'encouragement*, M. Leclaire a fait connaître qu'il avait été conduit, par suite des nombreux accidents qui atteignent les ouvriers qui préparent ou qui appliquent le blanc de plomb, à rechercher des couleurs salubres : nous avons voulu faire connaître à la *Société* le résultat de nos recherches sur les avantages qui peuvent résulter, pour la santé des ouvriers, de l'application de la peinture à l'oxyde de zinc. Voici le résultat de ces recherches.

« Le travail de la céruse, du minium, l'application du blanc de plomb, soit dans la peinture, soit dans des opérations diverses, donnent lieu, chaque année, à de nombreux accidents et à des décès. Nous avons été à même de constater qu'en 10 ans, de 1838 à 1847 inclus, les hôpitaux de Paris, et Paris ne compte que deux fabriques de céruse et de minium (1), ont reçu 3,142 malades atteints de coliques saturnines; que, sur ces 3,142 malades, 2,030 sont sortis des hôpitaux guéris ou soulagés, que 112 ont succombé, et quelquefois, heureusement cela est rare, avec une telle rapidité, qu'ils sont morts le jour de leur entrée à l'hôpital, sans pouvoir donner de renseignements sur les causes de la maladie; un de ces malheureux a même succombé sur la voie publique en se rendant à l'hôpital (2).

« Sur ces 3,142 malades, on comptait 1,898 ouvriers travaillant soit au blanc de plomb, soit au minium, 712 peintres (3), 63 broyeurs de couleur, 10 ouvriers préparant les cartes de porcelaine (1).

« Les 112 décès ont porté : 86 sur les ouvriers travaillant au minium ou au blanc de plomb, 13 sur les ouvriers peintres (2), 1 sur les broyeurs, 1 sur les lamineurs de plomb, 1 sur les imprimeurs, 1 sur les ouvriers en papiers peints, 1 sur les ouvriers préparant les cartes en porcelaine, 1 sur un ouvrier potier de terre, 6 sur des ouvriers qui ont été tellement malades qu'on n'a pu avoir de renseignements, enfin sur un ouvrier qui succomba sur la voie publique en se rendant à l'hôpital.

« Les ouvriers qui travaillent à la fabrication et à l'application des préparations saturnines sont encore exposés à de longues maladies. Nous donnons ici deux tableaux qui démontrent que les maladies saturnines sont quelquefois légères, mais que d'autres fois elles se prolongent; en effet, on verra que, sur 404 malades atteints de coliques saturnines, il en est qui sont restés 114 et 160 jours à l'hôpital (3).

« On n'a pas porté, dans le premier tableau, le nombre de jours de maladie de 12 ouvriers qui ont succombé. On trouvera ces renseignements dans le second de ces tableaux.

(1) L'oxyde de zinc employant plus d'huile que la céruse dans son application, fournit une peinture qui résiste mieux aux influences atmosphériques.

(2) Les ouvriers qui travaillent chez les entrepreneurs qui emploient des *céruses pures* sont plus sujets que les autres à la colique saturnine.

(1) On doit se rappeler les paroles remarquables et pleines d'humanité prononcées par M. le président Turbat, qui avait à juger des malheureux accusés de vagabondage; ces malheureux déclaraient qu'affaiblis par le travail de la céruse ils n'avaient pu se rétablir et se livrer au travail.

(2) La colique saturnine se déclarait le plus ordinairement, chez les peintres, dans les grandes chaleurs de l'été; dans l'hiver, dans les endroits où l'on fait beaucoup de feu : elle se déclare 1° chez les ouvriers qui opèrent le grattage des vieilles peintures à l'huile; 2° chez les ouvriers qui font les peintures *sur enduit*.

(3) Nous venons d'acquérir la preuve que le nombre des ouvriers qui sont atteints de la colique de plomb est plus grand que ne le porte le chiffre indiqué pour les dix années de 1838 à 1847; en effet, nous avons la preuve démonstrative (au certificat de l'hôpital) que le nommé B..., ouvrier peintre, est entré, en 1848, à Beaujon, pour *coliques saturnines*, le 17 avril, le 2 octobre, et le 2 décembre. Cet ouvrier n'a pas été une seule fois porté sur les tableaux.

(4) Pendant un certain temps encore, et malgré l'emploi du blanc de zinc, des ouvriers peintres seront atteints de la colique saturnine; ces ouvriers sont ceux qui enlèveront, par le grattage, les anciennes peintures exécutées à la céruse; cela est facile à concevoir; lors du *grattage* il y a production d'une poussière plombique qui serait absorbée par les ouvriers. Nous pensons que M. Leclaire, qui a tant fait pour la classe ouvrière, trouvera le moyen d'obvier à ce grave inconvénient. Il compléterait ses travaux en indiquant un mode de faire qui tournerait au profit de l'hygiène publique.

(5) Le nombre de ces ouvriers s'est accru depuis 1847.

Durée de la maladie des ouvriers guéris. — Sur 292 malades sortis guéris, sont restés à l'hôpital, savoir :

JOURS.	NOMBRE de malades.	JOURS.	NOMBRE de malades.	JOURS.	NOMBRE de malades.	JOURS.	NOMBRE de malades.
		Reports.	155	Redort.	238	Report.	263
1	1	14	9	27	1	43	1
2	4	15	15	28	3	47	1
3	5	16	8	29	2	48	1
4	7	17	11	30	2	49	1
5	8	18	6	31	4	57	1
6	14	19	4	32	2	62	1
7	23	20	3	33	1	64	1
8	14	21	1	34	1	68	1
9	20	22	4	36	2	76	1
10	18	23	8	37	1	95	1
11	9	24	4	38	4	114	1
12	22	25	6	39	1	160	1
13	10	26	4	40	1		
	155		238		263		275 (2)

OBSERVATIONS.

Total, 275

Portés présents sur les feuilles mensuelles, 17

Total des ouvriers guéris ou soulagés, 292 (1)

Durée de la maladie des ouvriers morts.

JOURS.	NOMBRE DE MALADES.	JOURS.	NOMBRE DE MALADES.	
3	2	R port.	8	
10	2	17	1	256 jours ou 19 jours 2/3 (donnée moyenne).
11	1	38	1	
15	2	47	1	
16	1	48	1	
à rep. rter	8		Total, 12	

« Les renseignements que nous avons fait prendre sur les ouvriers qui travaillent à la fabrication du blanc de zinc, nous ont démontré que ces ouvriers sont peu affectés par suite de leur travail : ces renseignements ont été pris : 1° près des ouvriers eux-mêmes ; 2° près de M. le docteur Gervais (de Caen), qui avait été à même d'étudier ces ouvriers. Quelques ouvriers ont déclaré *avoir quelquefois éprouvé de la sécheresse dans la bouche, de légers maux de gorge, mais que ces faibles accidents n'avaient pas persisté.*

« Ces attestations sont appuyées : 1° d'un certificat de 42 ouvriers peintres, qui déclarent que la plupart d'entre eux ont plus ou moins souffert de la colique des peintres causée par l'emploi de la céruse, mais que depuis qu'ils n'emploient que le blanc de zinc, aucun d'eux n'a été atteint ni de coliques saturnines, ni *des autres symptômes de malaise causés par la céruse,* que leur santé s'est améliorée ; 2° d'un certificat de 9 ouvriers travaillant à la fabrication du blanc de zinc, ils n'ont jamais éprouvé aucun accident ; 3° d'une lettre de M. le docteur Bossut, qui contient les énonciations suivantes : *Je soussigné, docteur médecin, demeurant à Paris, rue de Seine, 31, déclare et certifie qu'ayant été choisi par M. Leclaire, entrepreneur de peinture, dès l'année* 1839, *pour donner des soins aux ouvriers peintres malades, composant la Société que M. Leclaire a organisée et instituée, j'ai, jusqu'en l'année* 1846, *eu, tous les ans, plusieurs coliques de plomb à traiter parmi ces ouvriers, mais que, depuis cette époque, je n'ai pas vu de semblables maladies, bien que je n'aie pas cessé d'être le médecin de la Société.*

« *J'ajouterai même que le nommé* Wagner *avait été obligé d'abandonner son état, la colique saturnine se répétait souvent et devenait plus intense, et que, depuis qu'il a repris ses travaux de peinture, à partir de la fin d'avril* 1846, *je n'ai point été appelé à le visiter. En foi de quoi, etc. Paris, le* 19 *décembre* 1848. *Signé* Bossut (3).

« De tout ce qui précède, il résulte pour le Comité :

« 1° Que M. Leclaire a réalisé l'idée philanthropique émise par Guyton de Morveau et par Courtois dès 1780, de substituer au blanc de plomb, dangereux pour la santé des ouvriers, le blanc de zinc (l'oxyde de zinc), qui ne possède pas de propriétés toxiques ;

(1) Nous disons soulagés, parce que nous avons été à même de constater que des ouvriers sortis de l'hôpital étaient forcés d'y rentrer presque aussitôt leur sortie et sans avoir de nouveau exercé leur profession.

(2) Ces 275 ouvriers sont restés à l'hôpital 6,562 jours, ce qui fait plus de 16 jours et moins de 17.

(3) Nous avons insisté sur ces faits parce que, d'après les écrits de Guyton de Morveau, il semblait que les vapeurs d'oxyde de zinc étaient insalubres.

« 2° Qu'il a fabriqué l'oxyde de zinc en grand par des procédés perfectionnés qui lui permettent de livrer cet oxyde au même prix que la céruse, de 70 à 75 fr. les 100 kilogrammes ;

« 3° Qu'il a indiqué le moyen de préparer une huile siccative dans la fabrication de laquelle il n'entre aucun composé plombique ;

« 4° Qu'il est parvenu à obtenir une série de couleurs à base de zinc, couleurs qui sont inaltérables par les vapeurs hydrosulfurées, et qui sont destinées à remplacer avec avantage, dans la peinture historique et industrielle, les couleurs à base de plomb ;

« 5° Que M. Leclaire, par les nombreuses applications qu'il a faites de la peinture au blanc de zinc, par la persistance qu'il a mise à vaincre les obstacles qu'il a rencontrés, a rendu un service signalé à l'industrie et à l'hygiène publique. »

FIN DU DEUXIÈME ET DERNIER VOLUME.

TABLE DES MATIÈRES

DES PREMIER ET DEUXIÈME VOLUMES

DU DICTIONNAIRE DES INVENTIONS ET DECOUVERTES.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

6 6


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07466 6226

MICHIGAN
